# خصائص واختبارات المواد الهندسية

# Properties of materials and mechanical tests

## الفهرس

**الجزء الأول: المواد الهندسية.................................................................٣**

١- تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد الهندسية............................................................ ٦

**الجزء الثاني: الاختبارات الميكانيكية المتلفة............................................................١٩**

٢- اختبار الشد Tensile test............................................................................ ٢٤

٣- اختبار الانضغاط Compression test........................................................... ٤٣

٤- اختبار الصلابة Hardness test ........................................................................ ٦٠

٥- اختبار الصدم Impact test.............................................................................. ٨٢

٦- اختبار الالتواء Torsion test............................................................................ ٩٤

٧- اختبار القص Shear test ........................................................................ ١٠٧

**الجزء الثالث: الاختبارات الميكانيكية الغير متلفة.......................................................١١٥**

٨- الاختبار بطريقة الفحص البصرى (Visual Inspection) ................................. ١٢١

٩- الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة (Penetrant Inspection).................. ١٣٢

١٠- الاختبار بطريقة الجسيمات المغنطة (Magnetic Particle Test)......................... ١٤٢

## مقدمة

المواد الهندسية عبارة عن أية مادة تدخل في أي عمل من أعمال الإنشاء، سواء كانت مادة صناعية، أو عمرانية، وقد استعمل الإنسان منذ نشأته على الأرض المواد المختلفة ليصنع منها أدواته وليسد بها احتياجاته المختلفة. ومنذ ذلك الحين وقد قام الإنسان بالبحث والتنقيب واستحداث مواد جديدة لتلائم استخداماته واحتياجاته المتنوعة والمتجددة حتى أصب حت هذه المواد تمثل الأساس والمحرك الرئيسي للنهضة العلمية والتكنولوجية والصناعية. تتواجد بعض المواد الخام في الطبيعة وتستخدم كما هي مثل لذلك الفحم الحجري والكالسيوم والفوسفات والبعض الأخر من هذه المواد يجب تجهيزها واستخلاصها لتحسين خواصها ومن أمثلة ذلك الحديد الذي يستخلص منه الحديد الزهر الخام لإنتاج الصلب.

يحتوي كتاب التدريبات العملي لعلم المواد واختباراتها المبنى على مجموعة من الجدارات، حيث يتم فيه تسجيل التدريب لكل جدارة عملية مشتركة للمهن الميكانيكية بصفة عامة.

علوم وهندسة المواد واختباراتها هو تخصص متداخل يتضمن دراسة خواص المواد وتطبيقاتها الصناعية المناسبة لظروف التشغيل على الماكينات. جميع المواد الفيزيائية لها ثلاثة حالات، هي الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.

تعتمد دراسة علوم المادة بشكل أساسي على معرفة خصائص كل مادة منها تبعا للمعلومات النظرية أو المخبرية، ويعد هذا المجال من أكثر المجالات الصناعية ارتباطا بالمختبرات العلمية ابتداء من مختبرات فحص وتقييم المواد الخام قبل التصنيع والأفران الحرارية والمجاهر Microscope الإلكترونية عالية الدقة.

يبحث علم خواص ومقاومة المواد واختباراتها في الدراسات الفنية والتطبيقية لجميع المواد الهندسية في كافة المجالات الهندسية سواء في مجال الإنشاءات أو صناعة الآلات والمعدات المستخدمة في جميع نواحي الحياة.

كما يبحث هذا العلم في تطوير وسائل الإنتاج بما يحقق اعلى مستوى للأداء والكفاءة لتسهيل ورفاهية حياة الإنسان. ويرجع الفضل في التطور التكنولوجي السريع بدرجة كبيرة إلى دور علم خواص ومقاومة المواد الذي ساهم في تحقيق هذا التطور المبنى على معرفة أسرار المواد وبيان الخواص الفنية الدقيقة لكل مادة وتحديد المجالات التطبيقية ومجال الاستخدام للمواد الهندسية المختلفة هذا فضلا عن دور هذا العلم في تحديد كافة الخواص الطبيعية والكيميائية والميكانيكية المميزة لكل مادة وكذلك قدرتها على تحمل الأحمال المختلفة ودراسة كيفية تطوير المواد الهندسية للحصول على خواص مميزة جديدة من شأنها توسيع مجالات الاستخدام.

# الجزء الأول: المواد الهندسية

# Engineering materials

## مقدمة

تتميز المواد الهندسية التي يتعامل بها الفني عند عمليات التشغيل على الماكينات بان كل مادة لها خواص وصفات ومقاييس تتميز مادة عن مادة أخرى من حيث اللون والكثافة والمتانة والهشاشة والمرونة. ويجب على فني التشغيل والتشكيل للمهن الميكانيكية المعرفة الصحيحة بخواص المواد لكي يتمكن من استخدامها استخداما صحيحا والتعامل معها مناولتها وتخزينها بالشكل المناسب. تفيد الخواص أيضا في مقارنة العينات المختلفة للمادة الواحدة، ويلاحظ أنه لا توجد قطعتان من مادة واحدة لهما نفس الخواص تماما بمنتهى الدقة ويعود ذلك إلى عوامل كثيرة تتعرض لها المادة أثناء الصناعة أو نتيجة لعمليات التشكيل أو إلى عوامل الزمن أو إلى التغير في درجة الحرارة أو الرطوبة أو إلى عوامل أخرى.

تشتهر المعادن بالعديد من الخواص المختلفة، وعلى رأسها خواصها الفيزيائية، والتي سمحت باستخدامها في العديد من التطبيقات المختلفة، فتعتبر المعادن موصلات جيدة للحرارة والكهرباء نتيجة سحابة الإلكترونات التي تنقل التيار الكهربائي بحرية خلال المعدن، وكما أنها تمتلك بالعادة كثافة أعلى من تلك التي تمتلكها المواد غير المعدنية، كما تظهر المعادن عادة بصورة لامعة. وتمتلك المعادن أيضا درجات انصهار وغليان عالية نتيجة للرابطة الفلزية القوية التي تجمع بين ذرات المعادن، والتي تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة للتغلب عليها وكسرها.

تنقسم المواد الهندسية بحسب طبيعتها كما هو مبين في شكل رقم ١ إلى:

١. مواد معدنية (Metallic Material)

تشمل المواد المعدنية جميع المواد الخام وسبائكها، وتنقسم المواد المعدنية التي تدخل في المشغولات والأعمال الإنشائية إلى:

أ. مواد حديدية مثل تشمل الصلب والحديد المطاوع والحديد الزهر.

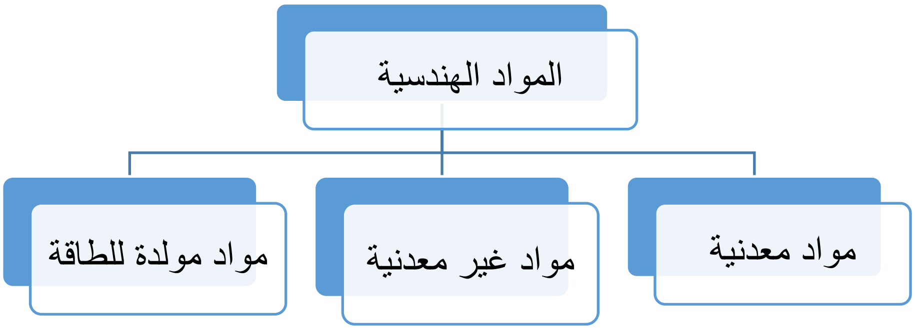
ب. مواد غير حديدية مثل النحاس والبرونز والألمنيوم والرصاص والقصدير .... الخ.

٢. مواد غير معدنية

تشمل المواد الغير معدنية البوليمرات والبلاستيكيات بأنواعها والخزفيات أو مثل الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex والخشب والأحجار..... الخ.

٣. مواد مشعة (مولدة للطاقة)

مثل الماء والوقود والمواد المشعة مثل اليورانيوم لإنتاج الطاقة الذرية وهي خارج نطاق هذا المستوى التعليمي.




شكل رقم ١: الأقسام الثلاثة للمواد الهندسية

وتعتبر الأرض والغلاف الجوي والمائي للأرض هي المصدر الرئيسي للمواد الخام (Raw Materials) التي يستخرج منها كافة المواد الهندسية.

ويجب على جميع الفنيين العامليين في مهن التشغيل والتشكيل الميكانيكية واللحام وغيرها أن يكون لديهم المقدرة على تمييز نوع المادة التي يعملون عليها ومعرفة نوعها وكذلك معرفة الخصائص الميكانيكية الرئيسية للمادة التي يتم تشغيلها، لتجنب تعرضها للشروخ أو الكسر أو الإجهاد أثناء التشغيل على الماكينات.

# تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد الهندسية

| تدريب رقم | ١ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- تحديد حالة المادة (صلبة، سائلة، غازية)
- فحص واختبار وتحديد المعادن والخامات المختلفة
- فحص واختبار وتحديد المواد والخامات الغير معدنية الصلبة كالبوليمر والزجاج
- التعرف على الغازات المتصاعدة عند التشغيل على الماكينات وتفادى أخطارها (مثل الغاز المتصاعد أثناء اللحام)
- دراسة تأثير درجة الحرارة على تغير حالة المواد أثناء التشغيل (اللحام)

## الاحتياطات والأمان

- استخدام سوائل غير قابلة للاشتعال عن مصدر اللهب
- استخدام غازات غير سامة وغير قابلة للاشتعال مثل الهواء من الكمبريسور أو بخار الماء.
- تجهيز قطع معدنية غير حادة الجوانب حتى لا تتسبب بجروح للأيدي عند لمسها.
- قطع راتنجية مثل البوليمر polymer أو الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | الكمية |
|---|---|---|
| مواد مختلفة (صلبة، سائلة وغازية) | قطع معدنية من معادن مختلفة مثل الحديد والنحاس والألمنيوم (يفضل أن تكون بنفس القطر والطول) | ١/نوع |
| قدمة ذات ورانية | قطع وعينات غير معدنية (مثل البوليمر polymer أو الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex) | ١/نوع |
| مطرقة صغيرة | سائل تبريد زيتي كالمستخدم في المخارط والفرايز | ٠,٥ ك |
| ميزان بالجرام | بالونات تمتلئ بالهواء | ١/نوع |
| مغناطيس طبيعي ميكروسكوب مجهري (اختياري). | إناء كبير ممتلئ بالماء | ١/نوع |

جدول رقم ١

### العينات المستخدمة في التمرين

| عينات سوائل وغازات | عينات غير معدنية | عينات معدنية |
|---|---|---|
| | | |
| زيت تبريد | عينات من الزجاج | قضبان حديد زهر |
| | | |
| بلونة ممتلئة بالهواء | عينات من الأرتليون | قضبان النحاس الأصفر |
| | | عينة بها صداء عينة سليمة (جيدة) |
| دخان متصاعد من اللحام | بريسبكس prespex | قضبان حديد طرى Mild steel |

شكل رقم ٢: الأقسام الثلاثة للمواد الهندسية

## المعارف المرتبطة بالتدريب

### خواص المواد Properties of materials

خواص المادة هي سماتها وصفاتها التي تميزها عن باقي المواد، وهناك بعض المقاييس التي تمكننا من مقارنة المواد وترتيبها بحسب خصائصها، فجميع المواد الموجودة على سطح الأرض تختلف خصائصها من مادة إلى أخرى بالاعتماد على خصائص المادة الرئيسية: كالحجم والكتلة والكثافة، فجميع هذه الخصائص تدخل في خواص المادة وتكون رقم ثابت، ويمكن أن يتغير الرقم بالنسبة لخواص المادة إذا تعرضت لبعض المتغيرات، مثل درجة الحرارة، وهناك بعض الأرقام التي من ممكن أن تتغير على بتباين الخواص للمادة، مثل مغناطيسية المادة قد تختلف في اتجاه المحور السيني وقد تختلف أيضا في اتجاه المحور الصادي، فعند تصنيف المواد يقوم العلماء بدراسة كل ما يخص المادة.

تنقسم خواص المادة إلى ثلاثة أقسام رئيسية، هي:

١. **خواص كيمائية:** تعتمد على مدى قابلية المادة على الدخول في تفاعل كيميائي وإنتاج مواد أخرى وبصفات مختلفة، مثل: صدأ الحديد، واحتراق الفحم لإنتاج الرماد،

٢. **خواص فيزيائية:** مثل كثافة المادة ووزنها النوعي واللزوجة، البريق، واللمعان. كما توجد خصائص أخرى فرعية للخواص الفيزيائية للمادة مثل الخصائص الكهربائية (الناقلية الكهربائية، والسماحية، وثابت العازل، وشدة العزل). الخصائص الفيزيائية المختلفة للمواد ناتجة من التركيبة الكيميائية للمادة وبالبناء البلوري لها، وتوجد خصائص يسهل تمييزها من دون أجهزة معقدة مثل الكثافة النوعية Specific gravity والرائحة odour والملمس touch والطعم taste والذوبان solubility والمغناطيسية magnetism والموصلية الكهربية Electric conductivity.

٣. **خواص ميكانيكية:** مثل السرعة، والتسارع والشغل والقوة، المرونة ومعامل يونج Young، ومقاومة الشد، ومقاومة الانضغاط، ومقاومة القص، ومقاومة الخضوع، وقابلية الطرق، والانفعال عند الانهيار، والمتانة، وشدة تحمل الصدمة، وقابلية اللحام، والرجوعية وسيتم التطرق بالتفصيل لجميع لخواص الميكانيكية في هذه الوحدة.

**الخاصية الفيزيائية Physical property:** هي عبارة عن أي خاصية قابلة للقياس، ومن خلال قيمتها يمكن وصف حالة النظام الفيزيائي أو المادة في أي لحظة زمنية معينة، وتصنف الخواص الفيزيائية إلى: خواص شمولية(extensive) تعتمد على كمية المادة وحجمها في الجسم، حيث تزداد بزيادة كمية وحجم المادة وعدد الجسيمات والمحتوى الحراري، وخواص مكثفة (intensive)؛ لا تعتمد على كمية المادة أو حجمها في الجسم، مثل السعة الحرارية، والكثافة التي تقاس بوحدة كيلوجرام/متر مكعب، والحرارة النوعية التي تقاس بوحدة الجول/كيلوجرام. يوجد العديد من الحالات التي يصعب تحديد ما إذا كانت خاصية فيزيائية أو لا، مثل: رؤيتنا للألوان، حيث إن الألوان التي نراها عبارة عن تفسير لخواص الانعكاس على سطح معين، كما يمكن مقارنة الخواص الفيزيائية للمادة بالخواص الكيميائية وبالتالي تحديد سلوك المادة أثناء التفاعل الكيميائي.

**الخواص النوعية والخواص الكمية:**

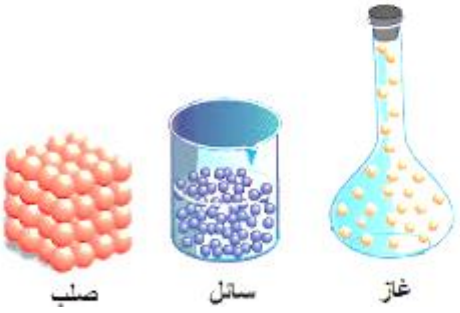
- الخواص النوعية لا يمكن تحديد قيمة معينة لها مثل الرائحة والطعم.
- الخواص الكمية يمكن تحديد كميتها مثل الكتلة والحجم.

**المادة**

تتواجد المواد في الطبيعة على ثلاثة حالات، الحالة الصلبة، الحالة السائلة أو الحالة الغازية. وتتحول معظم المواد من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مرورا بالحالة السائلة. وأشهر الأمثلة على ذلك الماء الذي قد يتواجد في الحالة الصلبة على شكل ثلج، وعند انصهاره يتحول إلى الحالة السائلة، ثم يمر بمرحلة التبخر والوصول للحالة الغازية عند إضافة حرارة له.

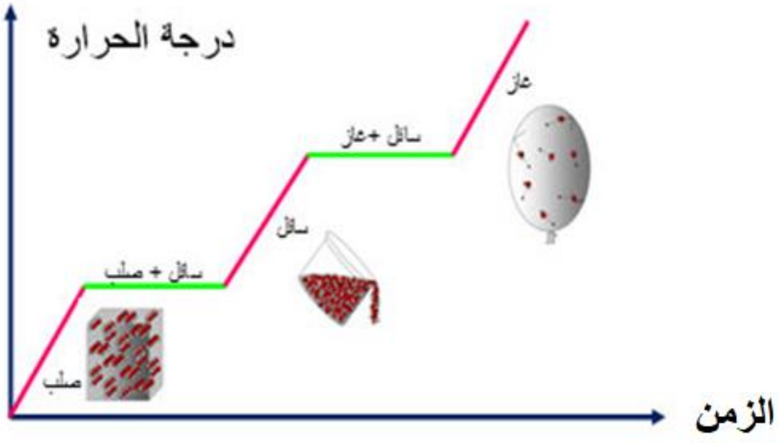
## الحالات الفيزيائية الثلاثة للمادة Matter of materials:

يعتمد تفاوت الخواص الفيزيائية على أنواع الروابط بين الجزيئات في حالة المركبات الأيونية أو الروابط بين التجمعات الأيونية أو بين الدقائق، هناك ثلاث حالات رئيسية للمادة على سطح الأرض وهي كما هو مبين في شكل رقم ٣ إلى حالة صلبة، حالة سائلة وحالة غازية.




شكل رقم ٣: حالات المادة الثلاثة

ويمكن للمادة أن تتحول من حالة إلى حالة أخرى بالتسخين كما هو مبين في شكل رقم ٤.




شكل رقم ٤: تحول المادة بإضافة الحرارة

كمثال بسيط على ذلك قطعة الثلج في الحالة الصلبة تتحول إلى سائل وبالتسخين تتحول إلى بخار ماء في الحالة الغازية كما هو مبين في شكل رقم ٥.

شكل رقم ٥: تحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة والغازية

١. **الحالة الصلبة:** هي التي تكون فيها المادة جزيئاتها متراصة ومتقاربة على بعضها، ويمكن تعريف المواد الصلبة هي ثبات شكل المادة بحيث لا يمكن تغيير شكلها.

**الخواص الفيزيائية للحالة الصلبة:**

شكل الجسم الصلب وحجمه ثابتان، كما تصنف الأجسام الصلبة إلى قسمين:

- أجسام صلبة متراصة: تحتوي على شكل ثابت وخاص.
- أجسام صلبة غير متراصة: لا تحتوي على شكل ثابت وخاص، حيث تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه، وتشترك في هذه الخاصية مع الأجسام الغازية والسائلة، لكنها تختلف عنها بأنها ليس لها سطح أفقي في حالة السكون.

٢. **الحالة السائلة:** هي الحالة التي يكون فيها الجزيئات متقاربة على بعضها ومتراصة ولكن تتدفق حول بعضها البعض بكل سهولة، ويمكن تعريف الحالة السائلة هي التي تأخذ شكل الحيز الموجود فيه كالإناء أو البحار كما هو مبين بالشكل التالي.

شكل رقم ٦: السوائل تأخذ شكل الأناء الموضوعة به

**الخواص الفيزيائية للحالة السائلة:**

ليس لها شكل ثابت وخاص، حيث تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه. تتميز بالجريان والميوعة، حيث تنتقل بسهولة من وعاء إلى آخر. غير قابلة للتوسع والضغط. سطحها أفقي في حالة السكون.

**القوانين الأساسية:**

مساحة مقطع الدائرة = $\frac{\pi D^2}{4} = \pi r^2$ (م$^2$)

مساحة القاعدة المربعة = $L^2$ (م$^2$)

مساحة القاعدة لمستطيلة = الطول x العرض (م$^2$)

حجم القضبان الدائرية = مساحة مقطع الدائرة x الطول (م$^3$)

حجم القضبان المستطيلة = مساحة مقطع القاعدة x الطول (م$^3$)

كثافة المادة Density: هي كتلة وحدة الحجوم من المادة، أو هي كتلة ١ سم٣ من المادة.

كثافة المادة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م٣)   $\rho = \frac{m}{V}$

الكثافة النوعية Specific density: هي النسبة بين كتلة المادة وكتلة حجم مساو له من الماء النقي عند ٤ درجات مئوية من المادة.

الكثافة النوعية = $\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$   $S = \frac{\rho}{1000}$

**حيث أن:**

- $D$: قطر الدائرة (م)
- $r$: نصف قطر الدائرة (م)
- $L$: طول ضلع المربع (م)
- $m$: كتلة المادة (كجم)
- $V$: حجم العينة (م٣)
- $\rho$: كثافة المادة (كجم/م٣)
- S: الكثافة لنوعية ( – )

- **تصنف المعادن التي كثافتها النوعية اقل من ٢,٣ على أنها معادن خفيفة Light، وتلك التي بين ٢,٣ إلى ٤,٥ تصنف على أنها معادن متوسطة الكثافة، أما التي تفوق كثافاتها فوق ٤,٥ فإنها تصنف على أنها معادن ثقيلة.**
- **تغطس أي مادة في الماء إذا كانت كثافاتها اثقل من كثافة الماء أما المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء فإنها تطفو فوق سطح الماء.**

٣. **الحالة الغازية:** هي الحالة التي يكون فيها ترابط الجزيئات قليل جدا وغير متراصة على بعضها، مما يجعل هذه الجزيئات حرة طليقة تتحرك من مكان إلى آخر ولا يمكن حصر هذه الجزيئات في مكان واحد.

**الخواص الفيزيائية للحالة الغازية:**

ليس لها شكل خاص وثابت، حيث تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه. ليس لها حجم ثابت، حيث تأخذ حجم الوعاء الذي توضع فيه. قابلة للتوسع والانضغاط تحت تأثير الضغط. تتميز بالجريان والميوعة.

**القوانين الأساسية:**

القانون العام للغازات $P\ V = m\ R\ T$

**حيث أن:**

- $m$: كتلة المادة (كجم)
- $V$: حجم العينة (م٣)
- R: الثابت المميز للغاز (كجول/كجم -درجة مئوية)
- T: درجة الحرارة ( كلفين )

## خطوات تنفيذ التدريب

يقوم المدرب بعرض العينات ( قطعة نحاس، قطعة حديد، قطعة المونيوم، قطعة بلاستيك، قطعة خشب، كمية صغيرة من الزيت، قطعة فلين) على كل طالب على حدة ليتعرف على شكلها ومواصفاتها وتحديد كثافاتها.

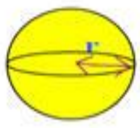
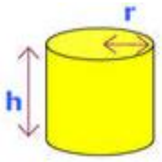
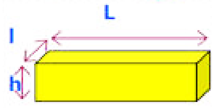
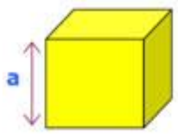
## العينات المعدنية

**أولا: التمييز بين العينات من ناحية اللون والكثافة (الوزن) والقطر**

يقوم الطالب بفحص العينات المعدنية ذات الأقطار المتساوية ويقوم بمساعدة المدرب

١. مرعاه إجراءات السلامة والأمان
   - ارتداء قفازات يدوية
   - ارتداء نظارة واقية
٢. قم بتحضير العدد والأدوات.
٣. قم بتحضير المواد والخامات.
٤. احسب مساحة مقطع العينات المعدنية من الحديد الزهر والحديد الصلب والنحاس والألمنيوم... الخ
٥. احسب حجم العينات

**أ- العينات منتظمة الشكل باستخدام القوانين**

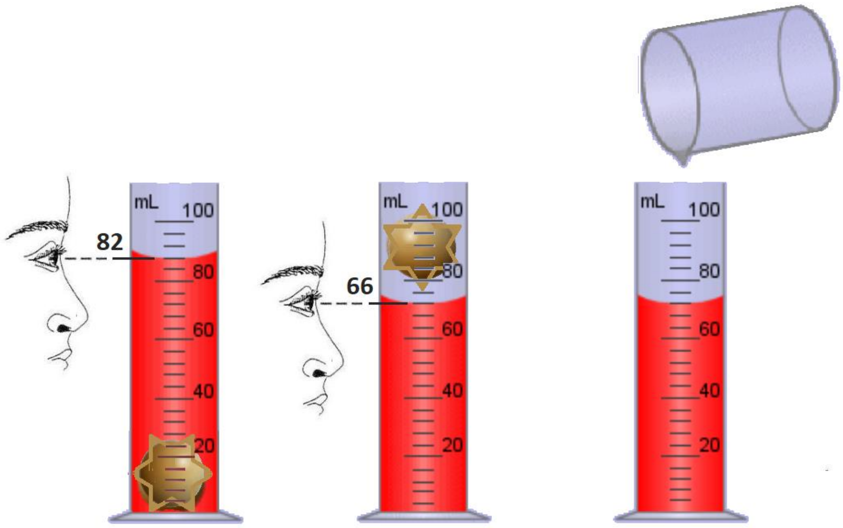
| الكرة | الأسطوانة | متوازي المستطيلات | المكعب |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ | $V = \pi r^2 h$ | $V = L.h.I$ | $V = a^3$ |

شكل رقم ٧

**ب- احسب حجم العينات الغير منتظمة الشكل كما يلي:**

- قم بصب السائل في المخبار المدرج دون تجاوز آخر تدريجه.

- قم بقياس حجم السائل في المختبر بمحاذة العين في المستوى الأفقي للسطح الهلالي $(V_{L1})$
- ضع الشكل المعدني داخل المخبار المدرج وسجل الارتفاع الجديد للسائل $(V_{L2})$
- احسب الفارق بين الحجميين $(V_{L1} - V_{L2})$ ويكون هو حجم الشكل الغير منتظم




شكل رقم ٨: قياس حجم جسم ذو شكل غير منتظم

١. قم بوزن العينات المعدنية على ميزان دقيق بالجرام

٢. احسب كثافة المادة بالمعادلة ← كثافة المادة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م٣)

٣. احسب الكثافة النوعية للعينات بالمعادلة ← الكثافة النوعية = $\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$

٤. قم بإلقاء العينات واحدة تلو الأخرى في إنـاء الماء وملاحظة هل ستطفو أم ستغطس في الماء لتحديد هل كثافاتها النوعية (Specific gravity "S") اقل أم أكبر من الواحد.

شكل رقم ٩: العينات المختلفة وهي ملقاة في إناء به ماء نظيف

٥. كرار الخطوات من ٤-٨ كي تستطيع التمييز بين المعادن المختلفة لتحديد أيهما أكثر كثافة

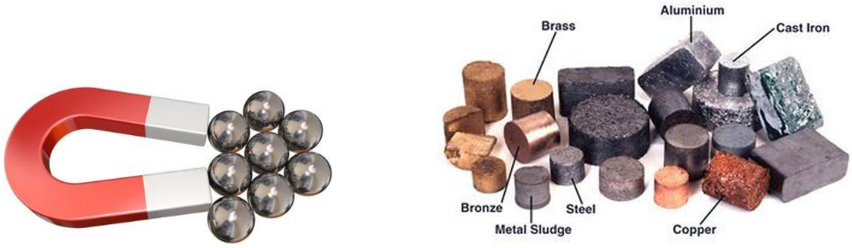
٦. سجل مشاهداتك في الجدول المخصص لذلك بعد الانتهاء من حساب الكثافة لكل معدن، حيث يستطيع الطالب الأن التمييز بين المعادن ومعرفة ما هي المعادن ذات الكثافة العالية والمعادن الأقل كثافة ويكون لديه القدرة على التفرقة بين كل نوع ويسجل ذلك في جدول المشاهدات.

**ثانيا: دراسة تأثير الطرق على المعدن**

يقوم الطالب بالطرق على العينة وملاحظة تأثير الطرقة على سطح المعدن ومدى عمقها أو ظهور شروخ بها لتحديد مدى هشاشتها أو تحملها للصدمات كي يراعى ذلك عند نقل واستخدام الخامات المختلفة أثناء عمليات التصنيع (سجل مشاهداتك).

**ثالثا: تحديد المواد المغناطيسية والغير مغناطيسية**

يقوم الطالب بتقريب المغناطيس من المواد المعدنية وملاحظة أيهما سينجذب إلى المغناطيس ليستطيع تحديد المواد الحديدية عن غيرها (سجل مشاهداتك).




شكل رقم ١٠: انجذاب الحديد فقط إلى المغناطيس

**رابعا (اختياري): فحص التكوين البلوري**

يقوم الطالب بفحص الخلايا على الميكروسكوب المجهري "ان وجد" تحت إشراف المدرب وملاحظة الفروق بين كل معدن.

شكل رقم ١١: فحص العينات تحت الميكروسكوب

## تسجيل النواتج

| نوع المعدن | مساحة المقطع (م٢) | الحجم (م٣) | الكتلة (كجم) | الكثافة $= \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م٣) | الكثافة النوعية $S = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| حديد مرن | | | | | |
| حديد زهر | | | | | |
| نحاس | | | | | |
| ألومنيوم | | | | | |

جدول رقم ٢: نتائج المواد الهندسية المعدنية

**ويقوم المدرب بالتنبيه على الطالب على أن الكثافة النوعية التي تم حسابها لكل معدن كانت أكبر من الواحد الصحيح وبالتالي فهي تغطس في الماء.**

## المشاهدات

.......................................................................................................

.......................................................................................................

.......................................................................................................

.......................................................................................................

.......................................................................................................

## العينات الغير معدنية

**أولا: العينات الغير معدنية الصلبة:**

١. قم بتنفيذ إجراءات السلامة والأمان (ارتداء قفازات يدوية، ارتداء نظارة واقية)
٢. قم بتحضير العدد والأدوات.
٣. قم بتحضير المواد والخامات.

٤. قم بالطرق بواسطة المطرقة بالتوالي على كل من قطعة زجاج صغيرو قطعة من البلاستيك أو المطاط وقطعة من الأرتيلون وقطعة من البريسبكس الشفاف وقطعة من الخشب وملاحظة نتيجة الطرق عليها وقم بتدوين ذلك في جدول المشاهدات

٥. يقوم الطالب بإلقاء العينات المذكورة بالخطوة رقم (١) في إنــاء به ماء نظيف وملاحظة هل ستطفو على سطح الماء أم ستغطس في الإناء

**المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء النقي (١٠٠٠ كجم /م٣) تطفو فوق الماء بمعنى أن كثافاتها النوعية تكون اقل من الواحد الصحيح.**

| نوع العينة الغير معدنية | نتيجة الطرق | | | الكثافة النوعية = كثافة المادة / كثافة الماء | |
|---|---|---|---|---|---|
| | كسر | شرخ | نتوء | S<1 | S >1 |
| زجاج | | | | | |
| بريسبكس | | | | | |
| بلاستيك | | | | | |
| ارتيلون | | | | | |
| قطعة خشب | | | | | |

جدول رقم ٣: نتائج المواد الهندسية المعدنية

**ثانيا: العينات الغير معدنية السائلة:**

يقوم الطالب بوضع أنواع مختلفة من السوائل المتاحة في المعمل/الورشة مثل زيوت التبريد وسكبها في إناء به ماء وملاحظة طفوها على سطح الماء لأن جميع الزيوت كثافاتها أقل من الماء.

**ثالثا: العينات الغير معدنية الغازية**

يقوم الطالب بملىء بالونات بالهواء أو الهليوم إذا كان متاحا عن طريق منفاخ يدوي وملاحظة خفة البالونات الممتلئة بالهليوم عن الممتلئة بالهواء.

شكل رقم ١٢: فحص العينات تحت الميكروسكوب

يقوم الطلاب بمشاهدة المدرب أو الطلاب القدامى في ورشة اللحام ومراقبة الغازات المتصاعدة منها ويقوم المدرب بالتنويه عن المخاطر الممكن حدوثها عند استنشاق هذه الأدخنة والتحذير منها والتأكيد على وجود تهوية مناسبة عند العمل في عمليات تشغيل تتصاعد فيها غازات قد تكون ضارة بالصحة.

## المشاهدات

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يتبع تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | يتقيد بإجراءات السلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٤ | ينجز العمل المكلف به في الوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يحدد حالة المواد الخام (صلبة، سائلة أو غازية) | | | |
| ٦ | يميز ويحدد أنواع المواد الهندسية المختلفة سواء المعدنية أو الغير معدنية منها | | | |
| ٧ | يفرق بين المواد من حيث كثافاتها | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيده الى حالته الأصلية | | | |

جدول رقم ٤

## توقيع المدرب

الاسم:............................ التوقيع:.......................... التاريخ:..........................

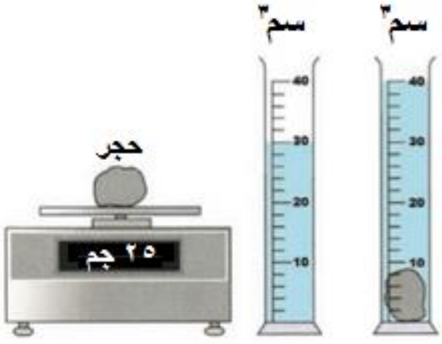
## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من أربعة عينات من مواد معدنية مختلفة (مثل نحاس، و حديد، و المنيوم، حديد زهر) لهم نفس الحجم والأبعاد.
- زجاج الشفاف والبيرسبكس
- زيت وماء
- حجر صغير غير منتظم الشكل

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن قدرة ١٠ دقيقة:**

- التفرقة بين المواد الحديدية والغير حديدية.
- التمييز بين الزجاج الشفاف والبيرسبكس الشفاف.
- التمييز بين الزيوت والماء ومعرفة أيهما اقل كثافة.
- احسب حجم الحجر حسب المقادير المشار إليها في المخابير المدرجة، كتلة الجسم التي على الميزان = ٢٥ جرام، حسب المعطيات المذكورة احسب كثافة المادة المعطاة.




شكل رقم ١٣

# الجزء الثاني: الاختبارات الميكانيكية المتلفة

# Mechanical destructive tests

## المقدمة

تتميز المواد الهندسية التي يتعامل بها الفني عند عمليات التشغيل على الماكينات بأن كل مادة لها خواص وصفات ومقاييس تتميز مادة عن مادة أخرى. ويجب على فني التشغيل والتشكيل للمهن الميكانيكية المعرفة بخواص المواد لكي يمكن استخدامها استخداما صحيحا من ناحية مقاوماتها للأحمال والإجهادات والتفاعلات الكيميائية. تفيد الخواص أيضا في مقارنة انتظام العينات المختلفة للمادة الواحدة. ويلاحظ أنه لا توجد قطعتان من مادة واحدة لهما نفس الخواص تماما بمنتهى الدقة ويعود ذلك إلى عوامل كثيرة تتعرض لها المادة أثناء الصناعة أو نتيجة لعمليات التشكيل أو إلى عوامل الزمن أو إلى التغير في درجة الحرارة أو الرطوبة أو إلى عوامل أخرى.

وأما الخاصية الأخرى للمعادن والتي تمكننا من استخدامها بصورة كبيرة وبالطريقة التي نريدها في التطبيقات المختلفة هي مرونتها وتمتعها بمطيلية عالية، وتؤدي هاتان الصفتان إلى القدرة على التحكم بالمعادن وتشكيلها بالطريقة التي نريدها بالطرق أو الضغط وتحويلها إلى خيوط رفيعة أو إلى صفائح رقيقة أو أي شكل نحتاجه في التطبيقات المختلفة.

**المواد الهندسية:**

هي المواد الأولية (الخام) والمصنعة والتي تستخدم في تصنيع وإنتاج السلع والأدوات المختلفة

وتنقسم خواص المواد الهندسية إلى مجموعة من الخواص يوضحها الجدول التالي

| الخواص | التعريف |
|---|---|
| الفيزيائية | وتشمل الشكل والوزن النوعي والأبعاد والمساحة ومحتوى الرطوبة |
| الكيميائية | وتشمل الحموضة والقاعدية والتركيب الكيميائي |
| الفيزوكيميائية | وتشمل امتصاص الماء والانكماش والتمدد نتيجة الحرارة |
| البصرية | وتشمل الانكسار الضوئي وانعكاس وامتصاص الضوء، واللون |
| الميكانيكية | وتشمل الشد والقص ومقاومة الضغط والانحناء والمرونة والصلادة والمتانة |
| الحرارية | وتشمل التوصيل والعزل الحراري والتمدد والحرارة النوعية |
| الكهرومغناطيسية | وتشمل النفاذ المغناطيسي والكهربائي والفعل الجلفاني |
| الصوتية | وتشمل الانعكاس الصوتي والعزل الصوتي وامتصاص الصوت والتحويل الصوتي |
| الإشعاعية | وتشتمل على فترة عمر النصف وأشعة بيتا والأشعة السينية وأشعة غاما وغيرها |

جدول رقم ٥

تعد الخواص الميكانيكية للمواد من اهم العناصر التي يجب أن يستوعبها الفنيين العاملين بالمن الميكانيكية لأنها تتعلق بسلوك المادة أثناء التشغيل والتشكيل على الماكينة وبصفة خاصة عند تعريضها للأحمال والقوى المؤثرة كالشد والضغط والصدم والثني والخدش.... إلخ.

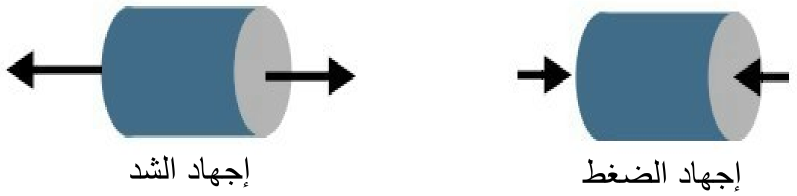
وتستخدم الخواص الميكانيكية بمختلف أنواعها كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة مما يساعد المصمم أو الصانع على اختيار المادة المناسبة للتطبيق أو المكون الذي سوف يستخدمها في صناعته.

وسيتم التطرق بالتفصيل في هذه الوحدة عن الاختبارات التي يتم بها قياس الخواص الميكانيكية الرئيسية للمواد.

**الخواص الميكانيكية الرئيسية:**

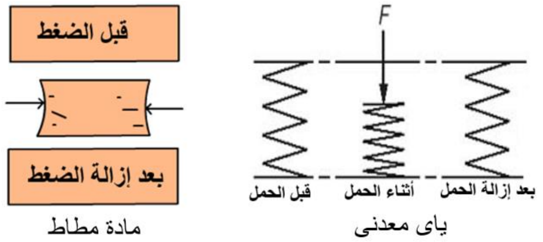
١. **الإجهاد (Stress):** يعبر عن مقياس لانتشار القوى أو الحمل، داخل الجسم أو الكتلة لوحدة المساحة، (الإجهاد = القوة/ المساحة).

وتوجد أنواع مختلفة من الإجهادات مثل إجهاد الضغط ;ويحدث عندما يكون الحمل أو القوى ضغطا، وإجهاد الشد; ويحدث عندما يتعرض الجسم إلى قوى سحب أو شد. ويوضح شكل رقم ١٤ كلا من إجهادات الضغط والشد.



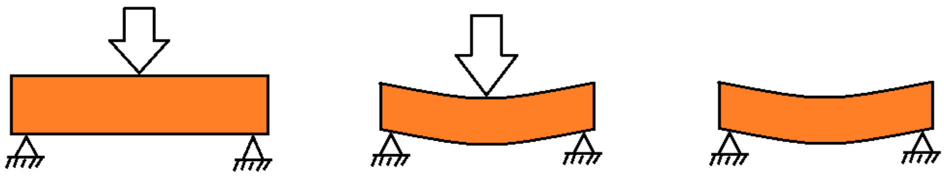

شكل رقم ١٤: إجهاد الضغط وإجهاد الشد

٢. **المرونة (Elasticity):** تعبر عن قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي، وأبعادها الأصلية، بعد زوال القوى المؤثرة عليها.



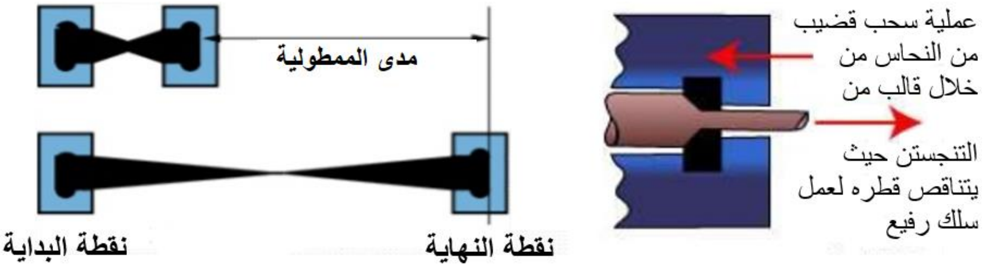

شكل رقم ١٥: المواد المرنة

٣. **اللدونة (Plasticity):** تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الكامل أو الدائم، بعد حدوث التشوه الناتج عن القوى المؤثرة عليها. ويوضح الشكل خاصية اللدونة لمادة ما تحت تأثير الحمل. لذلك فالدونة عكس المرونة، كما انه ليست هناك مادة مرنة تماما أو لدنة تماما. فبعض المواد مثل المطاط يمكن أن تأخذ يمكن أن تأخذ تشكيلا كبيرا ولكنه يعود إلى أبعاده الأصلية بعد إزالة القوة أو الحمل المؤثر عليه، فهناك مواد لها مرونة عالية في حدود مدى معين من التحميل وبعده تصبح لدنة لدرجة ما ومن أمثلة ذلك الصلب. وهناك بعض المواد الأخرى لها لدونة عالية ولكن قليل من المرونة مثل الرصاص.



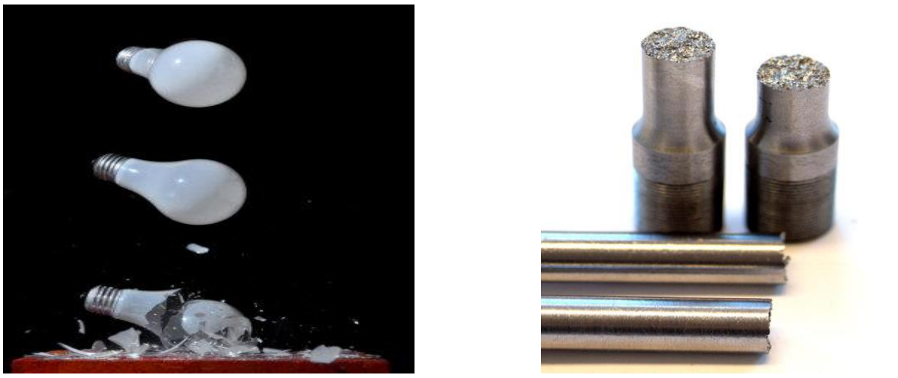

شكل رقم ١٦: خاصية اللدونة

٤. **المطيلية/ القابلية للسحب (Ductility):** تعبر عن قابلية المادة للاستطالة عند شدها، وتقاس هذه الخاصية بمقدار الزيادة في طول العينة أو النقص في مساحة مقطعها عند التشكيل بالطرق (الذهب من أطرى المعادن ثم الفضة والبلاتين). أو هي الخاصية التي تسمح للمادة بتغير لدن كبير تحت تأثير حمل الشد أي أنها هي قدرة المادة على السحب وقابليتها للاستطالة الكبيرة عند تعرضها لحمل الشد. ويوضح الشكل التالي خاصية المطيلية.




شكل رقم ١٧: خاصية المطيلية

٥. **القصافة أو الهشاشة (Brittleness):** تعبر عن قابلية المادة للكسر خصوصا عند التعرض لقوة أو إجهاد، دون أي انفعال سابق للكسر. بمعنى أخر هي الخاصية التي تجعل المادة تنكسر قبل أي تغير ملحوظ في الشكل كما هو موضح بالشكل التالي مثل الحديد الزهر والزجاج.



انكسار قضيب من الحديد الزهر    هشاشة الزجاج

شكل رقم ١٨: خاصية القصافة (الهشاشة) لبعض المواد

ولذلك يمكننا القول بأن المطلية هي عكس القصافة فالمواد المطيلة لها تشكل لدن كبير عند تعرضها لحمل الشد مثل النحاس أما المواد القصفة فتنكسر قبل أن يطرأ عليها أي تغير في الشكل عند التحميل مثل الزجاج والحديد الزهر.

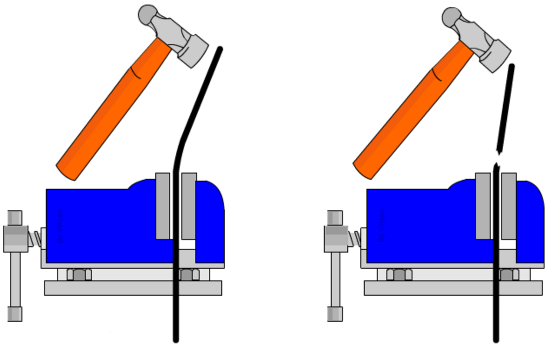
٦. **الطروقية (Malleability):** وهي الاستجابة أو المطاوعة للطرق، أو الضغط، أو حتى العصر باستخدام الدرافيل. أو أنها قدرة المادة على التفلطح بالطرق دون حدوث كسر.

أن خاصية الطروقية تشبه خاصية المطيلية إلا أن نوع الحمل أو القوى المؤثرة في حالة المطيلية هو الشد أما في حالة الطروقية فهو الضغط.

٧. **المقاومة (Strength):** هي قدرة المادة على مقاومة الحمل أو القوى المؤثرة عليها، فتسمى مقاومة الشد إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الشد وتسمى مقاومة الضغط إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الضغط......وهكذا.

٨. **الصلابة أو الكزازة (Stiffness):** هي خاصية مقاومة المادة لأي نوع من التغير في الشكل، وتعرف المادة الصلبة بأنها تتحمل أحمال عالية مع حدوث تغير صغير نسبيا في الشكل والسوست (اليايات) من أشهر المكونات التي لها كزازة عالية.

٩. **المتانة (Toughness):** هي الخاصية التي تمكن من المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر. وهي أيضا قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. ويوضح الشكل التالي الفرق بين المادة ذات المتانة والمادة الهشة.



شكل رقم ١٩: الفرق بين المادة ذات المتانة والمادة الهشة

١٠. **الرجوعية (Resilience):** هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماما بعد زوال الحمل المؤثر. أي أنها تمثل مدى كفاءة المعدن في امتصاص الطاقة الناتجة عن الإجهادات المبذولة.

١١. **الصلادة (Hardness):** وهي قدرة المادة على مقاومة الخدش، والتغلغل، والتآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليما متماسكا تحت تأثير الأحمال، كما تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة البري straek نتيجة الاحتكاك أو المقاومة للخدش أو القطع أو حدوث علامة بها. وتقاس الصلادة بمقياس موس Mohs الذي يقسم صلادة المواد من ١ إلى ١٠.

# اختبار الشد Tensile test

| تدريب رقم | ٢ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- تحديد قدرة المعادن المختلفة (المطيلة Ductility– نصف المطيلة Semi-ductile – الهشاشة/القصفة Brittleness) على تحمل اجهاد الشد
- تحديد مقدار الاستطالة أو الانفعال الحادث للمواد المعدنية نتيجة أحمال الشد.
- تحديد مقاومة الشد القصوى للمواد المعدنية.
- تحديد معامل المرونة Modulus of Elasticity للمواد المعدنية.
- رسم المنحنى البياني للحمل والاستطالة للمواد المعدنية.
- رسم المنحنى البياني للإجهاد والانفعال Stress-Strain Curve للمواد المعدنية.
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من التجارب.

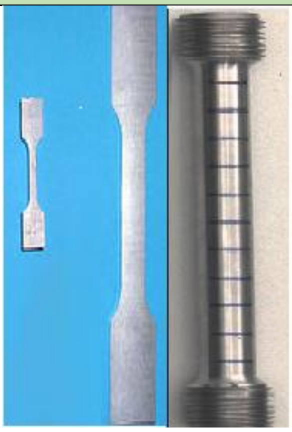
## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية
- ارتداء القفازات اليدوية
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة للاستخدام في حالة الطوارئ
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الشد قبل التحميل عليها.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | الكمية |
|---|---|---|
| ماكينة اختبار الشد | قطع معدنية من معادن مختلفة (الصلب الطري النحاس الأصفر – الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول. | 1/نوع |
| قدمه ذات ورنية | | |
| مسطرة قياس | | |
| مطرقة | | |
| ذنبة أو أداة شنكرة | | |

جدول رقم ٦

| العينات المستخدمة في التمرين | | |
|---|---|---|
|  | | |
| عينات من الصلب الطري | عينات من الحديد الزهر | عينات من النحاس الأحمر والأصفر |

شكل رقم ٢٠

## المعارف المرتبطة بالتدريب

### أ- المواصفات القياسية للعينات المستخدمة في اختبار الشد:

أشكال العينات القياسية المستخدمة في اختبار الشد متنوعة ولها مقاسات موحدة فمنها المستديرة الطويلة والقصيرة ومنها المسطحة الطويلة والقصيرة. شكل رقم ٢١ يوضح شكل عينة قياسية مستديرة وعينة قياسية مسطحة.

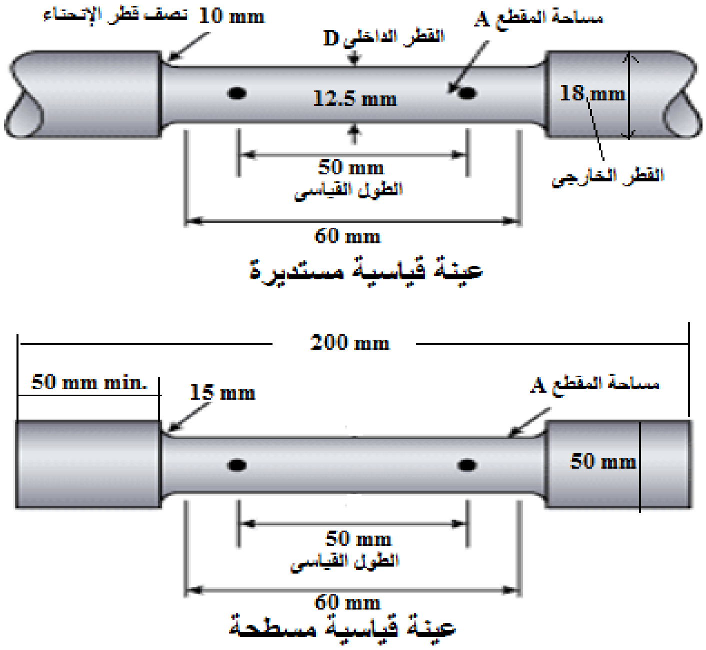
يكون قياس قطعة الاختبار القياسية حسب حالة العينة التي تجهز منها هذه القطعة بحيث تكون النسبة بين طول القياس والجذر التربيعي للمساحة يساوى مقدارا ثابتا ويكون المقطع شكلا هندسيا منتظما (مستدير أو مستطيل)، وبصفة عامة تستخدم قطع الاختبار المستديرة عند إجراء اختبار الشد. وتكون الأبعاد كالاتي:

Lo =10 do وفى المقطع المستدير $L_o = 11.3\sqrt{A_o}$ في حالة القطع الطولية

Lo =5 do وفى المقطع المستدير $L_o = 5.65\sqrt{A_o}$ فى حالة القطع القصيرة

**حيث ان:**

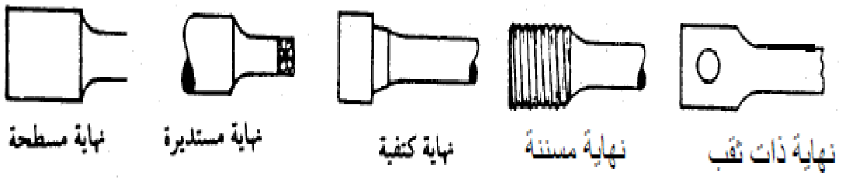
- $A_o$: مساحة المقطع للعينة عند الطول القياسي، والمساحة القياسية هي؛ $A_o = \pi r_o^2$
- $L_o$: الطول القياسي للعينة
- $d_o$: العرض القياسي في حالة العينة المسطحة والقطر القياسي في حالة العينة المستديرة.




شكل رقم ٢١: عينات قياسية لاختبار الشد

توجد عد أشكال لنهايات عينات الشد منها؛

١. نهاية ذات ثقب Pin end
٢. نهاية مسننة Threaded end
٣. نهاية كتفية Shouldered end
٤. نهاية مستديرة Circular end
٥. نهاية مسطحة Plain end




شكل رقم ٢٢: نهايات مختلفة لعينات قياسية لاختبار الشد

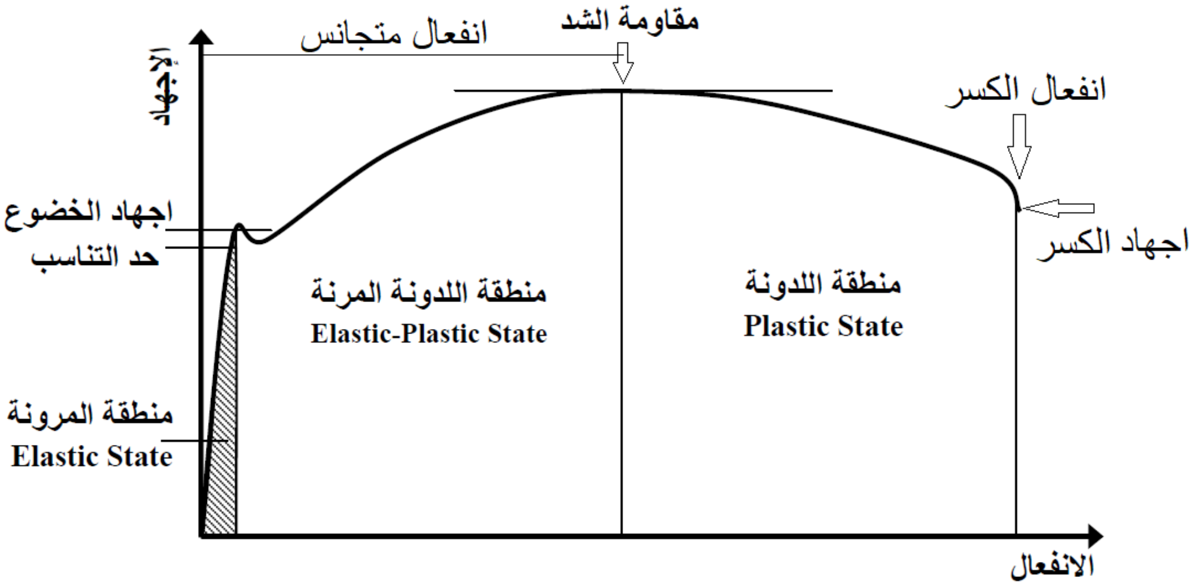
## ب- مصطلحات هامة

١. **حد المرونة Elastic limit:** هو أقصى إجهاد يتحمله المعدن بحيث يرجع المعدن إلى حالته الأصلية بعد إزالة الحمل.

٢. **إجهاد الخضوع (Yield Stress):** هو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفى هذه الحالة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن.

٣. **مقاومة الشد القصوى للمادة (Ultimate Tensile strength):** هي أقصى حمل تستطيع المادة تحمله قبل الكسر.

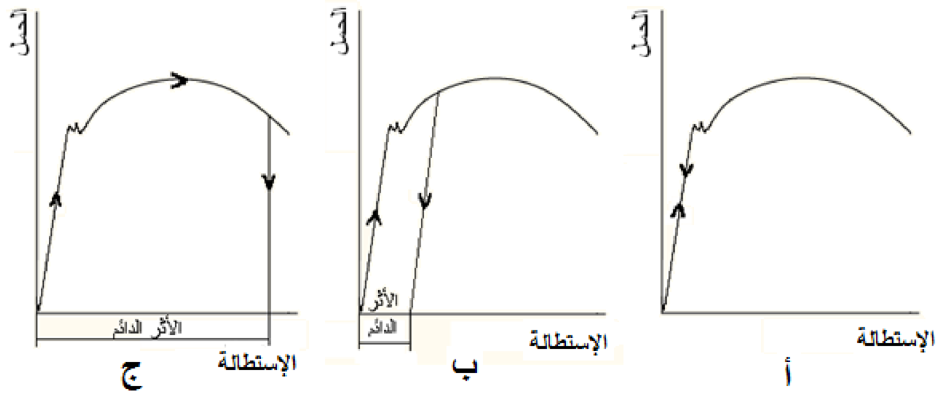
ويوضح شكل رقم ٢٣ منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) هو منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمواد المختلفة. ويتم رسم هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار الشد لعينة معدنية.




شكل رقم ٢٣: منحنى الإجهاد – الانفعال لعينة مطيلية اثناء اختبار الشد

٤. **الأثر الدائم:** هو الإزاحة إلى تحدث للعينة أثناء إجراء الشد عليها. ويوجد ثلاث حالات حسب قيمة الحمل المؤثر على العينة كما هو مبين في شكل رقم ٢٤:

- **الحالة الأولى:** عند زوال الحمل في منطقة المرونة تسترجع العينة أبعادها الأصلية كما هو مبين في شكل رقم ٢٤ (أ).
- **الحالة الثانية:** عندما يصل الحمل على العينة إلى المنطقة المشتركة بين المرونة واللدونة في شكل رقم ٢٤ (ب) يظهر تشوه في أبعاد العينة ولا تستعيد شكلها الأصلي، ويقاس الأثر الدائم بعمل خط موازي لخط التناسب الموجود بمنطقة المرونة من على نقطة حد الخضوع بالمنحنى ليقطع محور الاستطالة في نقطة تحدد منطقة الأثر الدائم.
- **الحالة الثالثة:** تصل العينة لمنطقة اللدونة في شكل رقم ٢٤ (ج) ولا تستعيد المادة شكلها نهائيا ويظل التشوه موجود بها ويحدد الأثر الدائم بتقاطع قيمة الحمل مع الاستطالة.




شكل رقم ٢٤: قياس الأثر الدائم في حالة وجود الحمل المؤثر في; (أ) منطقة المرونة، (ب); منطقة المرونة-اللدونة، (ج): اللدونة.

## ت- أنواع الكسور

تنقسم أنواع الكسور للمعادن الناتجة من اختبار الشد حسب الشكل، حالة السطح أو اللون الكسر. بالنسبة للشكل قد تكون كسور متماثلة مثل كسر القدح والمخروط أو الكسر المسطح أو غير منتظم أو المتقطع أو كسور غير متماثلة. أما حالة السطح فهي تصف السطح إما باللمس الناعم أو بالجزيئات الصغيرة أو الجزيئات الكبيرة أو الليفي أو المتبلور أو الزجاجي ولون الكسر قد يكون لامع أو داكن.

**أشكال الكسور حسب طبيعة المعدن:**

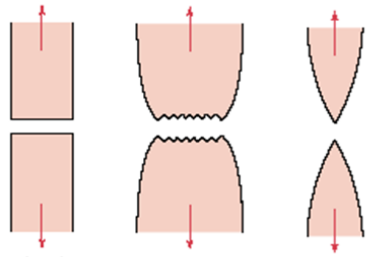
١. **معادن مطيلة ductile metals:** عندما تتعرض عينة من الصلب الطري والتي تعتبر مادة مطيلة فإن الاستطالة تزداد تدريجيا مع الحمل حتى تصل إلى حد المرونة ثم تتعرض بعدها لإجهاد الخضوع وهي بداية منطقة اللدونة. ثم يزداد الحمل حتى يصل إلى أقصى حمل (مقاومة الشد القصوى) ومنه تبدأ ظاهرة الرقبة أو العنق حيث يحدث تشوه كبير للعينة قبل حدوث الكسر على هيئة قدح أو مخروط كما هو مبين بشكل حيث يكون السطح خشنا في منتصف القطع المستعرض وملمس ناعم عند الحروف.

٢. **معادن نصف مطيلة:** منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن النصف مطيلة له نفس الشكل العام لمنحنى المعادن المطيلة إلا أنه لا يوجد له منطقة الخضوع، ويكون الحمل أكثر والاستطالة أقل من مثيلاتها من المعادن المطيلة. ويكون الكسر على هيئة قدح ومخروط ولكن برقبة أقل وضوحا من المعادن المطيلة.

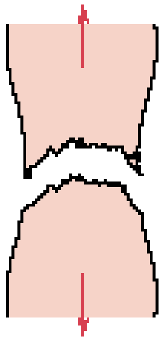
٣. **معادن هشـــة (قصفة):** يتميز منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن القصفة منذ بدايته بكونه عبارة عن خط مائل وليس خطا مستقيما والمعدن يحدث له تشوه صغير جدا مقارنة بالمواد الأخرى كما لا تتكون رقبة وأن الكسر.

٤. يحدث عند وصول التحميل إلى الحمل الأقصى. هنا يكون شكل الكسر على هيئة مستوى عمودي على اتجاه قوة الشد مسطحا ومحببا.

ويوضح شكل رقم ٢٥ الصور المتنوعة للكسور في المعادن المختلفة.




شكل رقم ٢٥: أشكال الكسور في اختبار الشد لمادة مطيلة (أ) ومادة نصف مطيلة (ب) ومادة قصفة (ج).



شكل رقم ٢٦: شكل القدح والمخروط الذى يظهر عند الكسر المطيل والنصف المطيل.

## ث- القوانين الأساسية:

توضح العلاقات التالية المتغيرات الأساسية التي تتحكم في أداء المادة أثناء تعرضها لحمل الشد:

١. الإجهاد (σ) هو حاصل قسمة القوة العمودية ( F ) على مساحة مقطع العينة الأصلي ( $A_o$ ).

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \quad N/m^2$$

٢. الإجهاد الحقيقي ($\sigma_{tr}$) هو حاصل قسمة القوى العمودية ( F ) على مساحة مقطع العينة اللحظية ($A_i$) أي المساحة المحسوبة لحظة قراءة القوة.

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i} \quad N/m^2$$

٣. الانفعال (ε) هو حاصل قسمة التشكيل (الإستطالة أو التقلص) (ΔL) الحاصلة للعينة على الطول الأصلي للعينة ($L_o$)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{L_f - L_o}{L_o}$$

حيث $L_o$ هو الطول الأصلى للعينة & $L_f$ هو الطول النهائى للعينة

٤. الانفعال الحقيقي ($\varepsilon_{tr}$) هو اللوغاريتم الطبيعي لقسمة الطول النهائي ($L_f$) على الطول الأصلي ($L_o$)

$$\varepsilon_{tr} = \ln\left(\frac{L_f}{L_o}\right)$$

٥. معامل المرونة (E): هو النسبة بين الإجهاد والانفعال، ويسمى معامل يونج Young's modulus E. وبما أن "الانفعال" بدون وحدة ووحدة "الإجهاد" هي باسكال Pa وبالتالي تكون وحدة "معامل المرونة أو معامل يونج Young's modulus" E هي Pa.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad N/\ m^2$$

٦. أقصى إجهاد للشد (مقاومة الشد القصوى): هي القيمة المقاسة لأقصى حمل تستطيع المادة تحمله وتساوى الحمل الأقصى الذي تعرضت له عينة الشد مقسوما على مساحة المقطع الأصلية للعينة وهي ممثلة في الشكل بالنقطة (D) ويرمز إليه بـ $\sigma_{UTS}$.

$$\sigma_{UTS} = \frac{F_{max}}{A_o}$$

٧. المطيلية: هي قدرة المعدن على التشكل وتقاس ممطوليه المعدن تحت تأثير حمل الشد بحساب النسبة المئوية للاستطالة ( %El ) كالاتي :

$$\% El = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100 = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = Maximum\ Strain \times 100$$

٨. إجهاد الخضوع ($\sigma_Y$): وهو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفى هذه النقطة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن. في الواقع إجهاد الخضوع ليس بنقطة بل هو منطقة.

## ج- شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

١. يوضح شكل رقم ٢٧ ماكينة اختبار الشد للمواد، والتي تتكون من فكين أحدهما ثابت (الفك السفلى) والأخر متحرك (الفك العلوي) ويوجد بأحد جانبيه لوحة تحكم يدوي للتحكم في حركة الفك العلوي وزر للتشغيل وملحق أيضا بالماكينة جهاز استشعار لمراقبة ونقل أداء العينة لجهاز الحاسوب الخاص بالجهاز.

٢. يتم تثبيت العينة بين فكي الجهاز العلوي والسفلى وضبط طرفي جهاز الاستشعار حول العينة لنقل التطورات التي تحدث في شكل العينة مع تغير حمل الشد عليها.

شكل رقم ٢٧: ماكينة اختبار الشد للمواد

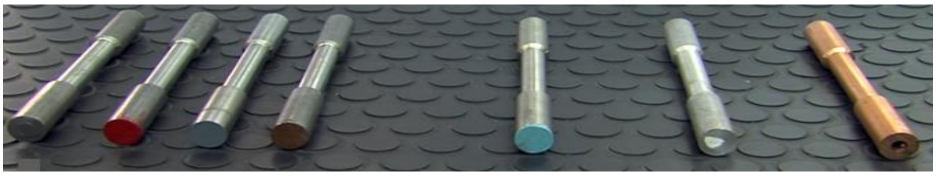
## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى إجراءات الأمان والسلامة الخاصة بمعمل خصائص واختبارات المواد

**أولا: تجهيز العينة**

٢. يقوم المدرب بعرض عينات لثلاث معادن مختلفة (مطيلية ونصف مطيلية وهاشة) من الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر

٣. يقوم الطالب بفحص العينات المعروضة والتفريق بينها حسب نوع المعدن.

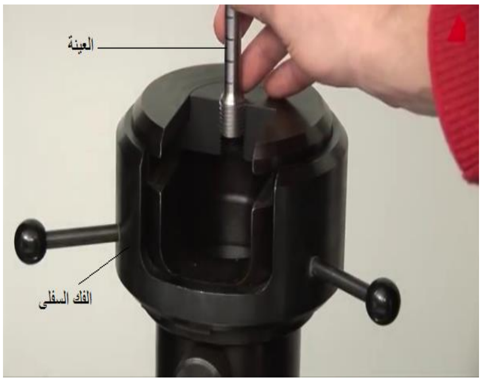
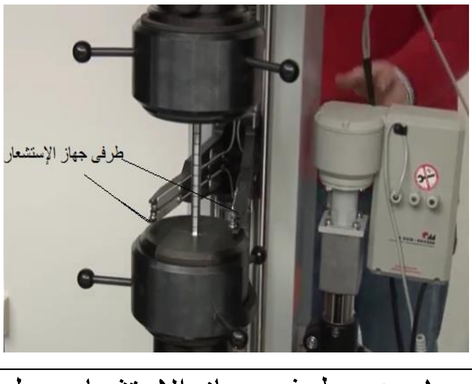


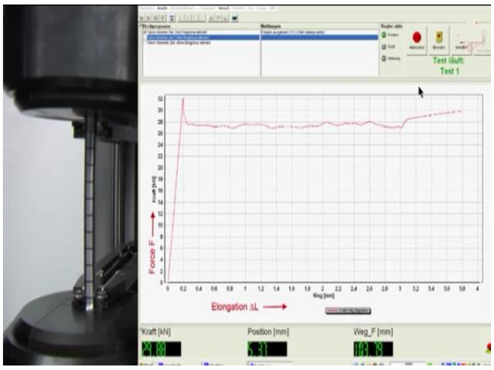
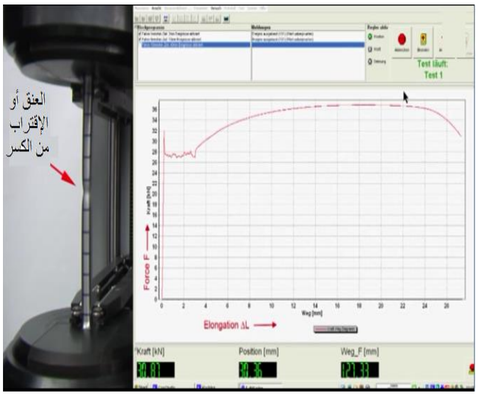
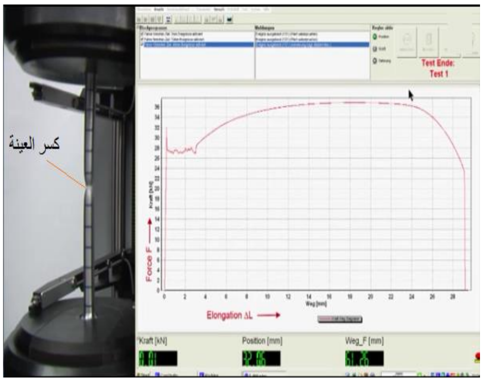
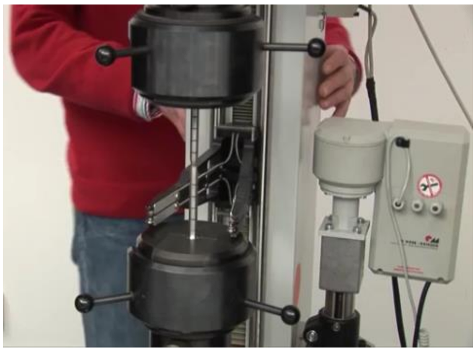
شكل رقم ٢٨

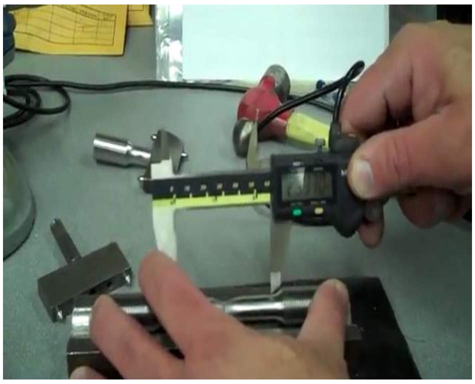
٤. قم بقياس طول وقطر كلا منها وتسجيله.

٥. قم باختيار عينة الصلب الطري ليبدأ بها التجربة الأولى وعينة النحاس ليبدأ بها التجربة الثانية وعينة الحديد الزهر للتجربة الثالثة.

## ثانيا: تنفيذ التجربة

| | |
|---|---|
| |  |
| ٦. اضغط على مفتاح رفع الفك المتحرك بلوحة التحكم حتى نتمكن من تثبيت العينة. | ٧. ثبت العينة في الفك السفلى لماكينة الاختبار. |
| | |
| ٨. ضع لقمة التثبيت لإحكام تثبيت العينة. | ٩. ثبت العينة بإحكام بين الفكين بواسطة ذراع الربط. |
|  | |
| ١٠. ضع طرفي جهاز الاستشعار حول العينة لمراقبة الانفعال الحادث للعينة مع تغير الحمل باستخدام الحاسب الألى. | ١١. عندما يبدأ الاختبار يتمركز طرفي جهاز الاستشعار حول الطرف العلوى والسفلى للعينة أليا لمراقبتها |

| | |
|---|---|
| |  |
| ١٢. استخدام البرنامج الخاص بالماكينة لمراقبة وتسجيل نتائج الاختبار | ١٣. شاهد قيام البرنامج برسم منحنى القوة ومقدار الاستطالة الحادث للعينة يقوم البرنامج |
|  |  |
| ١٤. لاحظ ظهور عنق في وسط العينة و اقترابها من الكسر في مكان محدد | ١٥. لاحظ في كسر العينة وانتهاء الاختبار |
|  | |
| ١٦. قم بإزالة جهاز الاستشعار لفك العينة | ١٧. قم بفك وإزالة العينة مستخدما أذرع التحكم |

<table>
<tr><td></td><td> </td></tr>
<tr><td>١٨. قم بقياس طول العينة بعد الكسر باستخدام القدمة ذات الورنية و سجله في جدول النتائج.</td><td>١٩. قم بقياس قطر العينة عند عنق الكسر باستخدام القدمة ذات الورنية و سجله في جدول النتائج..</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">٢٠. لاحظ الفرق في الطول بين طول العينة قبل وبعد الاختبار و سجل مشاهداتك في جدول المشاهدات</td></tr>
<tr><td colspan="2">٢١. قم بتكرار الخطوات من ١ إلى ١٥ على كلا من عينتي النحاس والحديد الزهر لتنفيذ التجربة الثانية والثالثة</td></tr>
</table>

٢٢. قم بتسجيل الحمل والاستطالة التي حصلت عليها من برنامج ماكينة الاختبار للعينات الثلاث واملئ الجدول التالي.

| الخاصية | الحمل (kN) | | | الاستطالة ΔL (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| م | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر |
| ١ | | | | | | |
| ٢ | | | | | | |
| ٣ | | | | | | |
| ٤ | | | | | | |
| ٥ | | | | | | |
| ٦ | | | | | | |
| ٧ | | | | | | |
| ٨ | | | | | | |
| ٩ | | | | | | |
| ١٠ | | | | | | |

جدول رقم ٧: تسجيل قيم الحمل مع الاستطالة لكل عينة على حدة

٢٣. ارسم منحنى الحمل والاستطالة (F-δ) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.

شكل رقم ٢٩

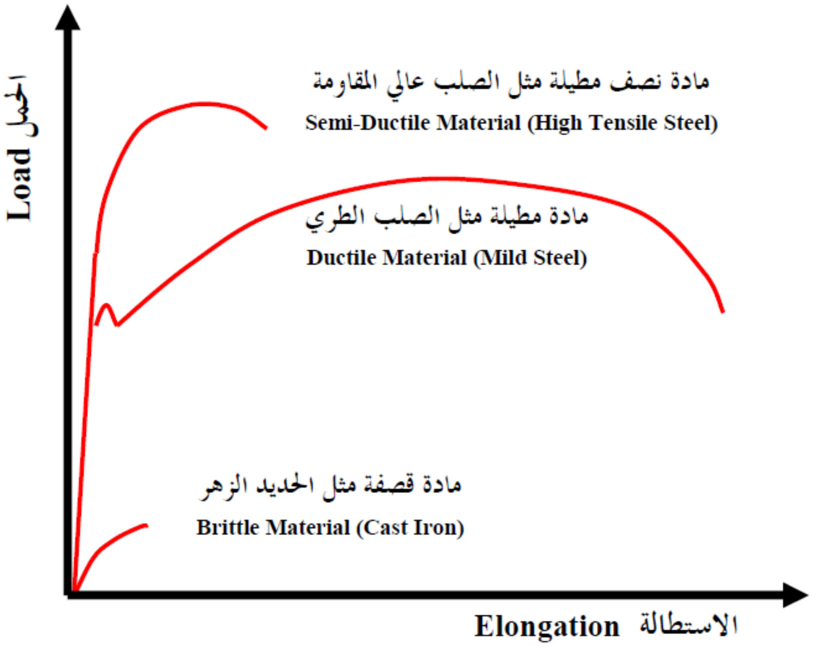
٢٤. احسب الاجهاد والانفعال للعينات الثلاث، مستخدما قياسات الطول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار

| الخاصية | الإجهاد $\sigma = \frac{F}{A}$ [N/m$^2$] | | | الانفعال $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| م | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر |
| ١ | | | | | | |
| ٢ | | | | | | |
| ٣ | | | | | | |
| ٤ | | | | | | |
| ٥ | | | | | | |
| ٦ | | | | | | |
| ٧ | | | | | | |
| ٨ | | | | | | |
| ٩ | | | | | | |
| ١٠ | | | | | | |

جدول رقم ٧: حساب الإجهاد والانفعال لكل عينة على حدة

٢٥. ارسم منحنى الإجهاد والانفعال (σ -ε) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.

شكل رقم ٣٠

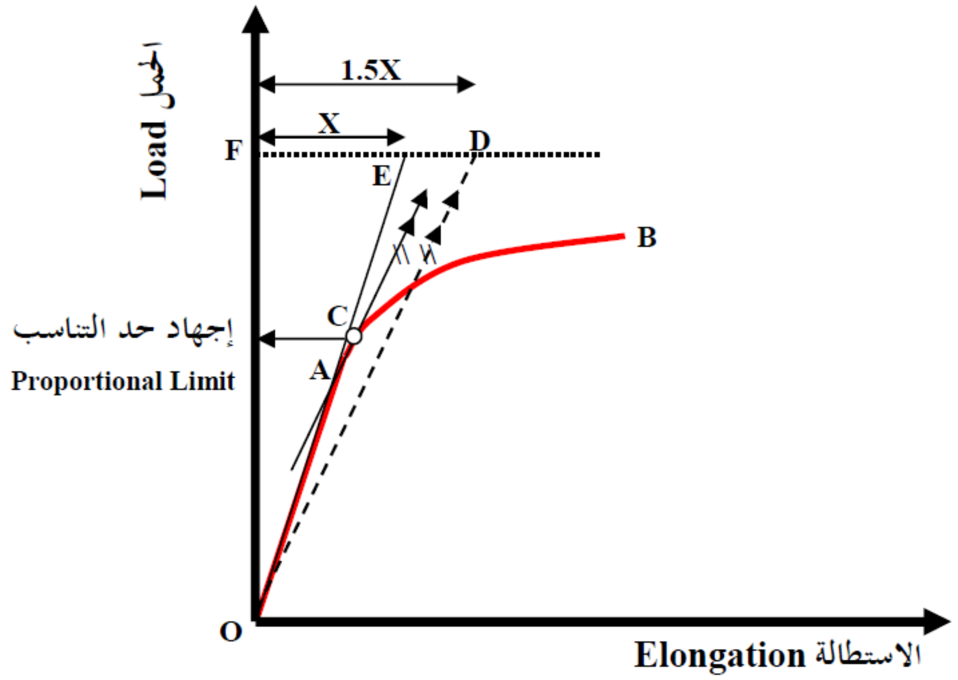



شكل رقم ٣١: مقارنة ثلاثة مواد معدنية مختلفة

٢٦. احسب معامل المرونة للمادة من العلاقة التالية أو من ميل الخط المستقيم من منحني الإجهاد – الانفعال كما هو مبين في الشكل التالي و سجلها في جدول النتائج.

**حساب قيمة معامل المرونة** = $\frac{Elastic\ stress}{\text{Corresponding Elastic strain}}$ (ن/م٢) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

ولتعيين اجهاد حد التناسب يرسم أولا مماس المنحنى من نقطة الأصل لتحصل على الخط (O-E) ثم يرسم الخط (O-D) له ميل ٥٠ % أكبر من ميل الخط (O-E) أي أن الجزء (D-F) يساوى مرة ونصف من الجزء (F-E)، فإذا رسم مماس للمنحنى ويوازى الخط (O-D) فإنه يقطعه في نقطة (C)، فيكون اجهاد حد التناسب عند نقطة التماس (C) ويعتبر هو إجهاد حد التناسب بطريقة جونسون.




شكل رقم ٣٢: تعين اجهاد حد التناسب (ميل الخط المستقيم)

٢٧. حدد قيمة إجهاد الخضوع Yield Stress أما من منحني (الإجهاد – انفعال) مباشرة أو باستخدام طريقة رسم خط موازي لخط المرونة offset method في حالة إذا كانت نقطة الخضوع غير واضحة .

٢٨. حدد قيمة الإجهاد الأقصى Ultimate Stress وهي عند اعلى نقطة من منحني الإجهاد – انفعال.

٢٩. حدد إجهاد الفشل أو الكسر Fracture Stress من منحنى الإجهاد – انفعال .

٣٠. احسب نسبة الاستطالة من العلاقة التالية و سجلها في جدول النتائج.

$$\% \, Elnog. = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \varepsilon \times 100$$

٣١. احسب نسبة النقصان في مساحة المقطع و سجلها في جدول النتائج.

$$\% \, A_{reduction} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

٣٢. لاحظ الفروقات (التباين) بين سلوك كل معدن أثناء التحميل عليه في اختبار الشد حتى الكسر وسجل ذلك في جدول المشاهدات وقم بمناقشة منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن الثلاثة مع المدرب.

تمثل الاستطالة النسبية في الطول والتناقص النسبي في مساحة المقطع قدرة المادة على التشكيل في المنطقة اللدنة Plastic Zone وبالتالي هي تقيس وتحدد خاصية المطيلية Ductility.

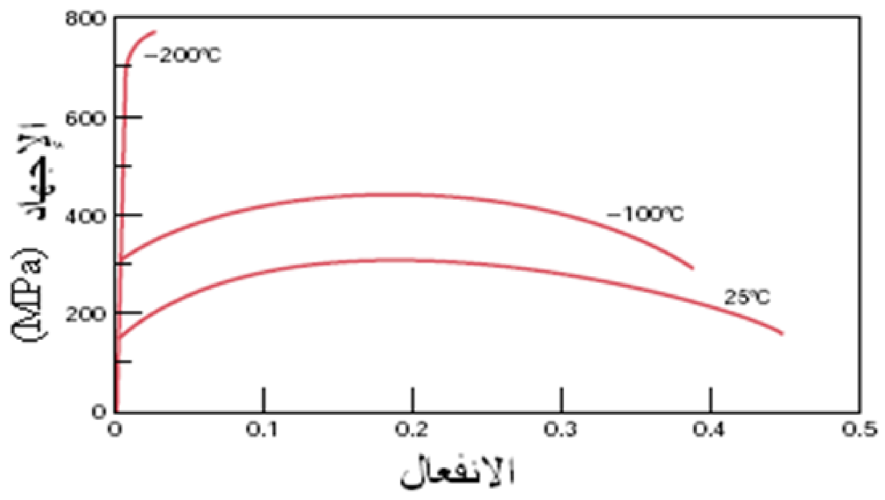
## ملاحظات هامة يقوم المدرب بشرحها ومناقشتها مع الطلاب:

### العوامل المؤثرة على خواص الشد للمعادن:

**متغيرات الاختبار:**

١. سرعة التحميل أثناء الاختبار: كلما زادت سرعة التحميل أثناء إجراء الاختبار للمعادن المطيلة والنصف مطيلة تزداد مقاومة الشد وإجهاد الخضوع وتقل المطيلية للمعادن. أما المعادن القصفة فلا تتأثر بهذه السرعة.

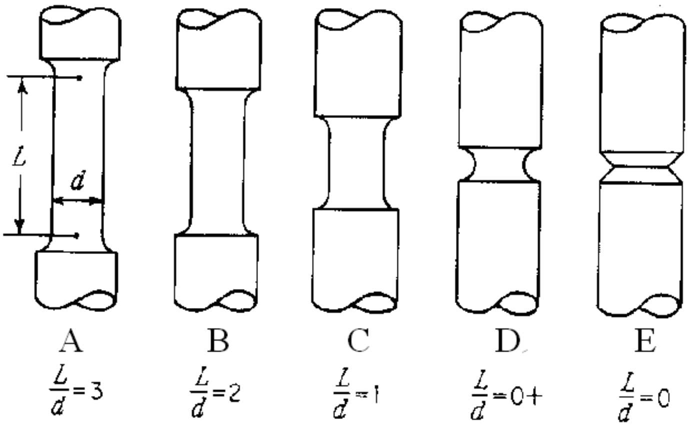
٢. الحرارة أثناء الاختبار: إذا ارتفعت درجة الحرارة فإن مقاومة الشد تقل بينما تزداد المطيلية كما هو موضح في شكل رقم ٣٤.




شكل رقم ٣٣: تأثير درجة الحرارة على منحنى الإجهاد والانفعال للصلب في اختبار الشد.

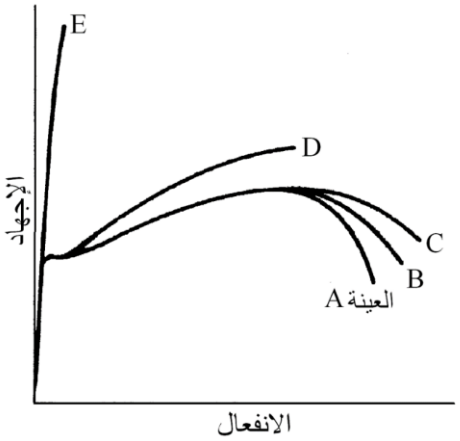
**متغيرات عينات الاختبار:**

١. شكل عينة الاختبار: يؤثر شكل عينة الاختبار (الذي يقدر بالنسبة بين طول العينة إلى قطر مقطع العينة L/d) على خواص الشد تأثيرا بينا فمثلا إذا أخذت عينات بأشكال مختلفة كما هو موضح في شكل رقم ٣٤ واختبرت في الشد حتى الكسر فإن المنحنى البياني للإجهاد والانفعال لكل عينة يختلف عن الأخر وبالتالي جميع الخواص تختلف.




شكل رقم ٣٤: شكل عينة الاختبار (نسبة الطول الى قطر العينة L/d)

٢. نسبة الكربون في الصلب: تعتبر نسبة الكربون في الصلب من أهم العوامل المؤثرة على خواص الصلب وسبائكه. فزيادة نسبة الكربون في الصلب تؤدى إلى زيادة في إجهاد حد التناسب وإجهاد الخضوع ومقاومة الشد ونقص في المطيلية والمتانة.




شكل رقم ٣٥: تأثير شكل عينة الاختبار على منحنى الإجهاد والانفعال في اختبار الشد.

## تسجيل النواتج

| نوع المعدن | الطول (مم) | | القطر (مم) | |
|---|---|---|---|---|
| | الأصلي $L_o$ | النهائي (بعد الشد) $L_f$ | الأصلي $d_o$ | النهائي (بعد الشد) $d_f$ |
| صلب طرى (مادة مطيلة) | | | | |
| نحاس أصفر (نصف مطيلة) | | | | |
| حديد زهر (مادة قصفة) | | | | |

جدول رقم ٨: تسجيل ابعاد كل عينة على حدة قبل و بعد الاختبار

| الخاصية | العينة الأولى<br>حديد | العينة الثانية<br>نحاس | العينة الثالثة<br>حديد زهر |
|---|---|---|---|
| معامل المرونة<br>Yield modulus | | | |
| إجهاد الخضوع<br>Yield Stress | | | |
| قيمة الإجهاد الأقصى<br>Ultimate Stress | | | |
| إجهاد الفشل أو الكسر<br>Fracture Stress | | | |
| نسبة الاستطالة | | | |
| نسبة النقصان في المساحة | | | |

جدول رقم ٩: نتائج الخصائص الميكانيكية لكل عينة على حدة

## المشاهدات

.............................................................................................

.............................................................................................

.............................................................................................

.............................................................................................

.............................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس الحمل والاستطالة بدقة | | | |
| ٦ | يرسم المنحنيات بدقة ووضوح | | | |
| ٧ | يحسب الإجهاد والانفعال | | | |

جدول رقم ١٠

## توقيع المدرب

الاسم:............................ التوقيع:............................ التاريخ:............................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات تم عمل اختبار الشد لها سابقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن قدرة ١٠ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة Brittle).
- يحدد الأهمية الهندسية من معرفة إجهاد الخضوع ونسبة الاستطالة

| اختبار الانضغاط Compression test | | | |
|---|---|---|---|
| تدريب رقم | ٣ | الزمن | ٨ ساعات |

## أهداف

- تحديد قدرة المعادن المطيلة Ductile ونصف المطيلة Semi-ductile والقصفة Brittle على تحمل التشوه تحت تأثير إجهادات الضغط
- تحديد المقاومة للقصوى للمواد المختلفة تحت تأثير حمل الضغط
- تحديد إجهاد الخضوع للمواد المطيلة
- رسم منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) المواد تحت تأثير حمل الضغط
- رسم منحنى الإجهاد – الانفعال Stress-Strain Curve
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من التجارب

## الاحتياطات والأمان

- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الضغط قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.
- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | الكمية |
|---|---|---|
| ماكينة اختبار الضغط<br>قدمه ذات ورنية أو مايكرومتر<br>مسطرة قياس<br>مطرقة<br>ذنبة أو أداة شنكرة | قطع معدنية من معادن مختلفة مطيلية (الصلب الطري) ونصف مطيلية (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول. ويمكن للمدرب أيضا أن يستعين ببعض المواد الأخرى كالبلاستيك والمطاط والفيبر. | 1/نوع |

جدول رقم ١١

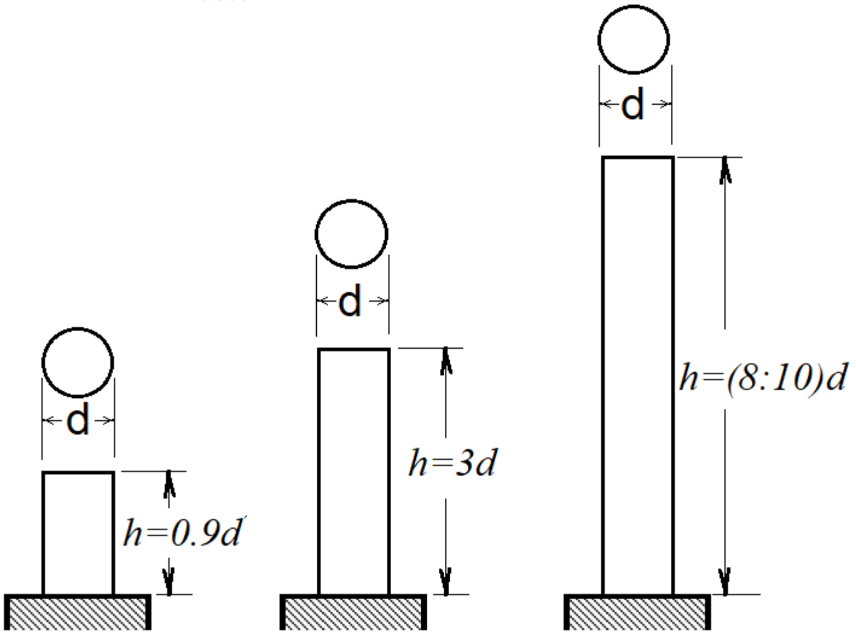
## المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم اختبار الضغط عادة كأساس لقبول المواد المعدنية محل الاختبار وقياس قدرتها على تحمل أحمال الضغط مثل فرش الماكينات، ويستخدم هذا الاختبار أيضا بكثرة في المواد الغير المعدنية مثل الخرسانة والحجارة والأخشاب. والغرض الأساسي من إجراء اختبارات الضغط للمواد المعدنية وغير المعدنية هو تعيين بعض الخواص وقياس مقاومتها للانضغاط، فمثلا في المواد المطيلة نتعرف على إجهاد الخضوع والرجوعية المرنة وكذلك معامل المرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومة الضغط القصوى.

### أ- المواصفات القياسية للعينات المستخدمة في اختبار الضغط:

توجد ثلاثة أنواع للعينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط وهي كالاتي:

١. **العينة الطويلة:** يستخدم هذا النوع من العينات في حالة إجراء اختبار الضغط بهدف رسم منحنى الحمل والتشكل أو منحنى الإجهاد والانفعال، حتى نتمكن من تثبيت وتركيب أجهزة قياس التشكل على العينة كذلك بغرض سهولة تعيين حد التناسب ومنطقة الخضوع في الضغط. وتكون النسبة بين طول العينة الطويلة وقطر القطاع الخاص بها من ٨-١٠.
٢. **العينة المتوسطة:** يستخدم هذا النوع من العينات في حالة إجراء اختبار الضغط بهدف تعيين مقاومة الضغط للمعادن، ويكون طول العينة المتوسطة ثلاث أضعاف قطر مساحة المقطع (الطول = ٣ القطر).
٣. **العينة القصيرة:** تستخدم هذه لعينات في حالة إجراء اختبار الانضغاط بهدف اختبار معادن كراسي التحميل (الجلب الارتكازية)، بحيث يكون تأثير الاحتكاك الموجود مشابها لحالة تشغيل المحامل. ويكون طول العينة القصيرة = ٠,٩ القطر. ويوضح شكل رقم ٣٦ العينات القياسية لاختبار الضغط.

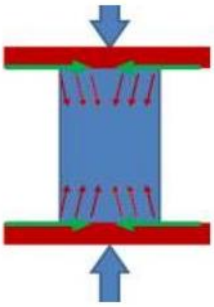



شكل رقم ٣٦: أنواع العينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط

## ب- الشروط الواجب توافرها في عينات اختبار الانضغاط للمعادن:

١. يجب أن تكون العينات الخاضعة لاختبار الانضغاط أسطوانية الشكل

٢. يكون سطحي نهايتي العينة المختبرة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة، لضمان توزيع التحميل على مسطح قاعدتي العينة بانتظام كما هو مبين في شكل رقم ٣٧.



شكل رقم ٣٧: الشكل الأسطواني لعينة الضغط

٣. يجب أن يكون ارتفاع العينات الخاضعة للاختبار لا يتعدى عشرة أمثال قطر مقطعها الدائري لتفادى حدوث انبعاج للعينة أثناء الاختبار حيث أن انبعاج العينة يولد عزوم انحناء إضافية أثناء التحميل بالضغط كما في شكل رقم ٣٨.

شكل رقم ٣٨: عينة نسبة الطول إلى القطر > ١٠ تعرضت للانبعاج

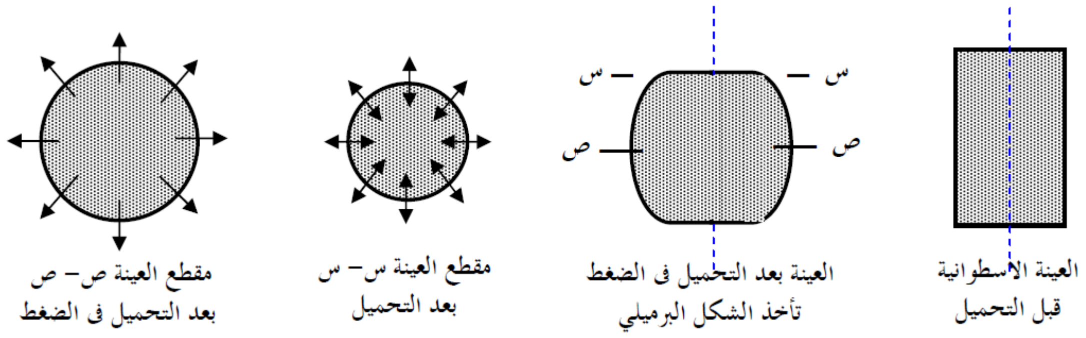
## ت- مصطلحات هامة

**مقاومة الانضغاط:**

تقيس مدى قدرة المادة على مقاومة قوى الضغط أو الأحمال المؤثرة في اتجاه محور المادة. ويكون اتجاه الحمل المؤثر في اختبار الضغط معاكس لاتجاه الحمل في اختبار الشد. ويوضح شكل رقم ٣٩ تأثير قوى الضغط على المادة و الذي يكافئ عملية الضغط على سوستة معدنية.

شكل رقم ٣٩: عينة تتعرض لقوى ضغط

عند التأثير بحمل الضغط على عينة أسطوانية الشكل من المواد المعدنية فإنها تنضغط ويتسبب ذلك في أن تأخذ العينة الشكل البرميلى نتيجة للزيادة العرضية في مساحة مقطعها المصاحبة للنقص في الارتفاع. تواجد قوى الاحتكاك بين العينة ورأس ماكينة الاختبار يتسبب في قلة الزيادة في العرض عند مقاطع نهايتي العينة المختبرة مقارنة بالزيادة العرضية في مقطع منتصف العينة بصورة تدريجية طبقا لمدى تأثير قوى الاحتكاك. شكل رقم ٤٠ يوضح التغير في شكل عينة الاختبار نتيجة تعرضها لحمل الضغط. وسنتناول هنا في اختبار الضغط دراسة سلوك ثلاثة أنواع من المعادن تحت تأثير حمل الضغط وهم "المعادن المطيلة" و "المعادن النصف مطيلة" و "المعادن الهشة/القصفة".



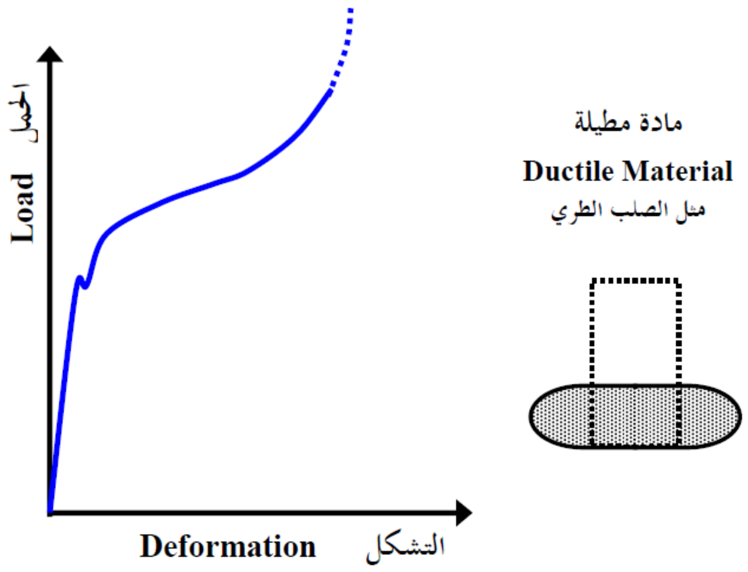

شكل رقم ٤٠: مراحل تغير شكل العينة أثناء اختبار الضغط

## ث- سلوك المواد المعدنية أثناء اختبار الضغط:

**أولا: العينات المطيلة Ductile specimens**

عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن مطيل" كالصلب الطري مثلا" حتى حد المرونة فإننا نلاحظ تواجد جزء مستقيم بمنحنى الحمل والتشكيل حتى حد التناسب كذلك يوجد منطقة للخضوع.

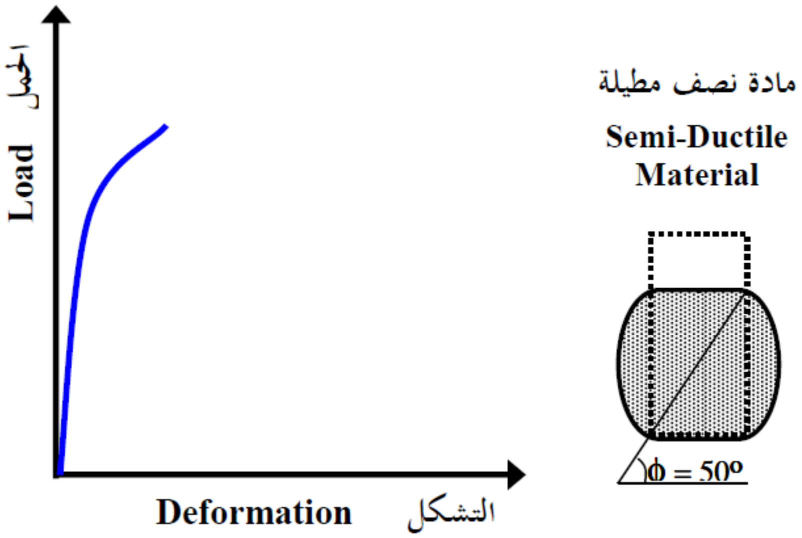
واستمرار التحميل فوق حد المرونة فإن العينة يزيد انضغاطها ثم تتفلطح دون حدوث كسر للعينة مهما زاد التحميل كما هو موضح في شكل رقم ٤١ .




شكل رقم ٤١: سلوك المعادن المطيلة في اختبار الضغط.

### ثانيا: العينات النصف مطيلة Semi-Ductile specimens

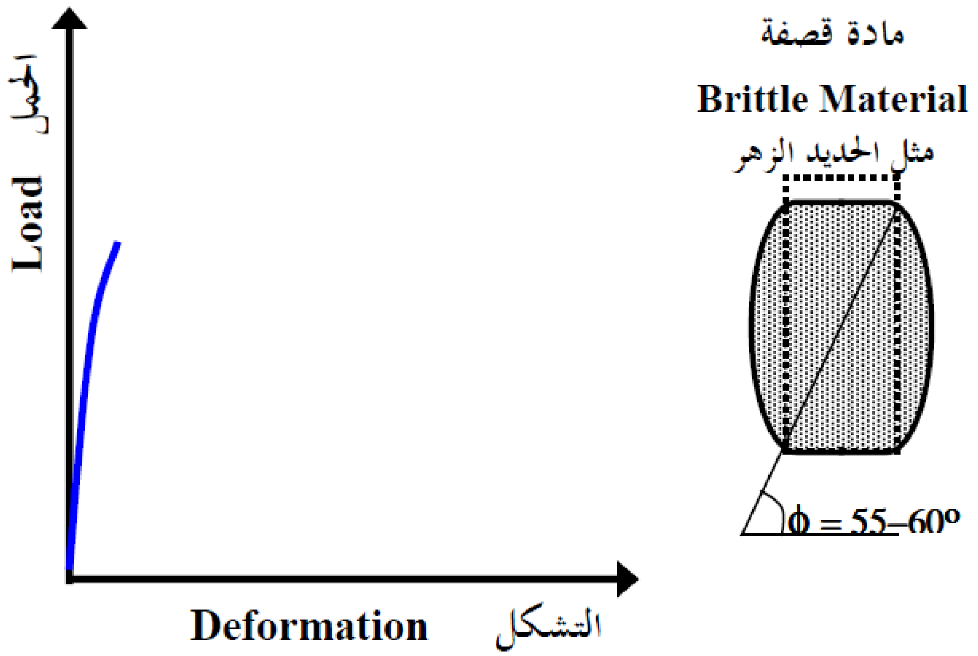
عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن نصف مطيلة "كالنحاس الأصفر مثلا" فإن العينة تنضغط مع زيادة التحميل ثم تنكسر على مستوى يعمل زاوية حوالي ٥٠ درجة مع الاتجاه الأفقي. ويمكن ملاحظة وجود جزء مستقيم بمنحنى الحمل والانضغاط حتى نهاية حد التناسب وقد يلاحظ أيضا إما تواجد أو عدم تواجد منطقة للخضوع تبعا لظروف معدن العينة من الوجهة التشغيلية أو المعاملة الحرارية ثم بعد ذلك يأخذ المنحنى شكلا حتى الوصول للحمل الأقصى كما هو موضح في شكل رقم ٤٢. ويلاحظ وجود حد للمقاومة القصوى للمادة.




شكل رقم ٤٢: سلوك المعادن نصف المطيلة في اختبار الضغط.

### ثالثا: العينات القصفة Brittle specimens

عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن قصفة "كالحديد الزهر مثلا" فإنه يحدث بها انضغاط قليل جدا ثم تنكسر على مستوى يميل على الأفقي بزاوية ٥٥-٦٠ درجة ويكون منحنى الحمل والتشكل كما يتبين من شكل رقم ٤٣ ويلاحظ عدم تواجد منطقة خضوع وتواجد مقاومة قصوى للضغط.




شكل رقم ٤٣: سلوك المعادن القصفة في اختبار الضغط.

## ج- القوانين الأساسية:

أثناء تعرض المادة لحمل ضغط في منطقة حدود المرونة للمعدن يصبح توزيع الإجهاد الناتج عن التأثير بحمل الضغط توزيعا منتظما على مساحة مقطع العينة. وتحسب الخصائص الميكانيكية التالية

- إجهاد الانضغاط يساوي قسمة حمل الضغط F على المساحة الأصلية $A_o$ للمقطع المستعرض

$$\delta_c = \frac{F}{A_o}$$

- الانفعال strain ($\varepsilon$) في اختبار الضغط من العلاقة التالية:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

- الإجهاد الحقيقي في اختبار الانضغاط هو حاصل قسمة الحمل المؤثر عند أي نقطة مقسوما على مساحة المقطع المستعرض عند هذه اللحظة. كما هو موضح بالعلاقة التالية.

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i}$$

- الانفعال الحقيقي هو لوغاريتم الأساس ($\varepsilon$) لخارج قسمة المساحة الأصلية على مساحة المقطع المستعرض عند أية لحظة. كما هو موضح بالعلاقة التالية.

$$\varepsilon_{tr} = \log_e \frac{A_0}{A_i}$$

- الإجهاد الأقصى للضغط $\sigma_{max}$.

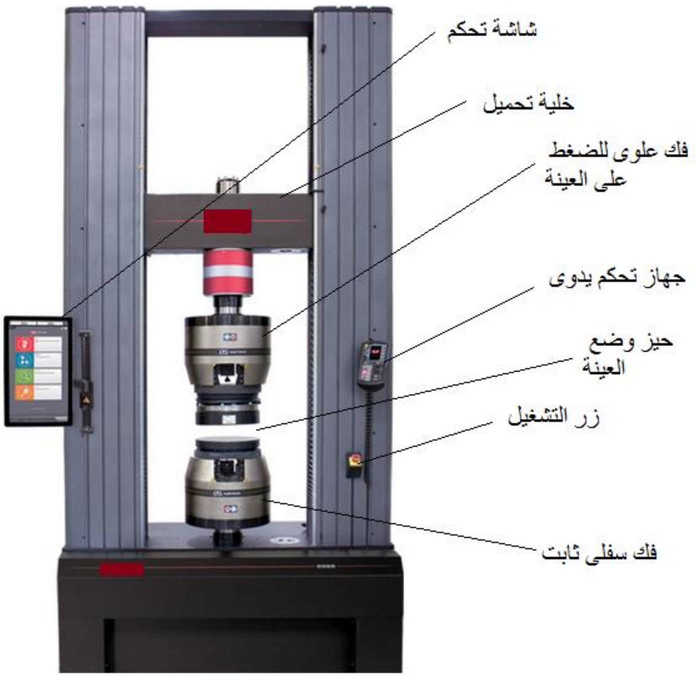
$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_o}$$

**حيث أن:**

- $\sigma$: الإجهاد، [Pa] أو [ N/m2]
- F: حمل الضغط أو القوة [N]
- $A_o$: المساحة الأصلية لمقطع العينة [m2]
- $\Delta L$: الانضغاط [mm] & Lo: الطول الأصلي للعينة [mm]
- $\sigma_{tr}$: الإجهاد الحقيقي في الضغط.
- $\varepsilon_{tr}$: الانفعال الحقيقي في الضغط.
- F: حمل الضغط أو القوة [N].
- $A_o$: المساحة الأصلية للمقطع المستعرض [m2].
- $A_i$: مساحة المقطع المستعرض عند أي لحظة.
- $\sigma_{max}$: الإجهاد الأقصى للضغط ,[Pa] أو [ N/m2 ]
- $F_{max}$: حد المقاومة القصوى [N]
- $A_o$: المساحة الأصلية لمقطع العينة [m2]

## ح- شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٤٤ ماكينة اختبار الضغط حيث يتكون سندان الجهاز من فكين أحدهما ثابت (الفك السفلى) والأخر متحرك (الفك العلوي) ويتم وضع العينة بين فكي السندان بالطريقة التي تضمن أن يكون حمل الضغط محوريا على العينة بحيث يكون سطحي نهايتي العينة المختبرة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة وحتى يتم توزيع التحميل على مسطح قاعدتي العينة بانتظام. يحتوي الجهاز على ما يسمى بخلية التحميل الإلكتروني والتي تتحكم في مقدار حمل الضغط الموزع على العينة ويحتوي الجهاز أيضا على جهاز تحكم يدوي لرفع وخفض الفك العلوي للجهاز حسب الحاجة كما يحتوي على زر التشغيل والذي يمكن استخدامه في حالة الطوارئ أيضا لفصل الطاقة عن الجهاز. وتتصل الماكينة بجهاز الحاسوب لتسجيل النتائج التي نحصل عليها من الاختبار فبعد الانتهاء من تثبيت العينة يقوم المتدرب باستخدام الحاسوب لمراقبة سلوك العينة أثناء الاختبار والتحكم في قيمة الحمل ومعاينة إزاحة الانضغاط المقابلة لها.




شكل رقم ٤٤: جهاز اختبار الانضغاط

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى إجراءات الأمان والسلامة الخاصة بمعمل خصائص واختبارات المواد

**أولا: تجهيز العينة:**

٢. يقوم المدرب بعرض عينات لثلاث معادن مختلفة (مطيلية ونصف مطيلية وقصفة) من الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر

٣. يقوم الطالب بفحص العينات المعروضة والتفريق بينها حسب نوع المعدن.

٤. قم بقياس طول وقطر كلا منها وتسجيله.

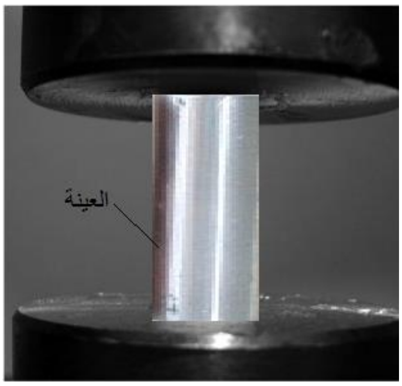
٥. قم باختيار عينة الصلب الطري ليبدأ بها التجربة الأولى وعينة النحاس ليبدأ بها التجربة الثانية وعينة الحديد الزهر للتجربة الثالثة.

شكل رقم ٤٥: عينات قياسية متساوية الطول والقطر من الحديد الطري والنحاس الأصفر والأحمر والحديد الزهر

## ثانيا: تنفيذ التجربة

١. استخدام جهاز التحكم اليدوي ليرفع الفك العلوي للماكينة حتى يتمكن من تثبيت العينة.

٢. قم بتثبيت عينة الصلب الطري أولا بين فكي تحميل جهاز اختبار الضغط مع مراعاة تطابق محوري كلا من الجهاز وعينة الاختبار.




شكل رقم ٤٦

٣. قم بتثبيت أجهزة الاستشعار الخاصة بالجهاز حول العينة لرصد المتغيرات وسلوك العينة أثناء التحميل

٤. شغل جهاز الحاسوب الخاص بالجهاز كي تبدأ الاختبار.

٥. قم بالتحميل التدريجي على عينة الاختبار بسرعة لا تتعدى ١,٢٥ مم/ دقيقة

٦. سجيل مقدار حمل الضغط مع تسجيل حملي الخضوع والكسر إن وجدا حسب نوع العينة، فكما تعلم أن الصلب الطري لن ينكسر لأنه معدن مطيل لذلك نكتفي بتحميلها إلى ٧٠ كيلو نيوتن.

٧. أوقف الاختبار بعد أن يصل مقدار الحمل إلى ٧٠ كيلو نيوتن.

٨. فك عينة الاختبار واخرجها من الجهاز.

٩. قم بقياس الارتفاع وأكبر قطر للعينة بعد عملية الضغط.

١٠. قارن بين طولي وقطري العينة قبل وبعد الاختبار.

شكل رقم ٤٧

١١. كرار الخطوات من ١ إلى ١٥ على كلا من عينتي النحاس والحديد الزهر لتنفيذ التجربة الثانية والثالثة مع ملاحظة أن يستمر الطالب في التحميل على العينة حتى الكسر وبعد إخراج العينة المكسورة يقوم الطالب بقياس الارتفاع وأكبر قطر للعينة وزاوية الكسر.

١٢. قم بتسجيل طول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار في جدول النتائج بالأسفل

١٣. قم بتسجيل الحمل والاستطالة التي حصلت عليها من برنامج ماكينة الاختبار للعينات الثلاث واملئ الجدول التالي:

| الخاصية | الحمل (kN) | | | الاستطالة ΔL (mm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| م | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر |
| ١ | | | | | | |
| ٢ | | | | | | |
| ٣ | | | | | | |
| ٤ | | | | | | |
| ٥ | | | | | | |
| ٦ | | | | | | |
| ٧ | | | | | | |
| ٨ | | | | | | |
| ٩ | | | | | | |
| ١٠ | | | | | | |

جدول رقم ١٢: تسجيل قيم الحمل مع الاستطالة لكل عينة على حدة

١٤. ارسم منحنى الحمل والاستطالة (F-δ) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.

شكل رقم ٤٨

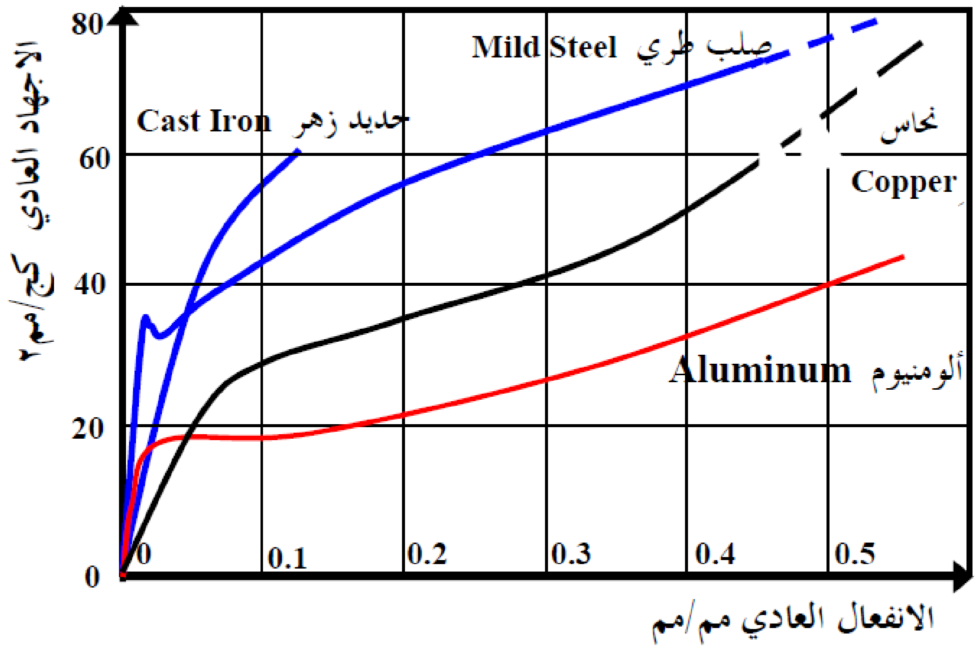
١٥. احسب الإجهاد والانفعال للعينات الثلاث، مستخدما قياسات الطول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار.

| الخاصية | الإجهاد $[N/m^2]\sigma_c = \frac{F}{A}$ | | | الانفعال $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| م | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر | العينة الأولى حديد | العينة الثانية نحاس | العينة الثالثة حديد زهر |
| ١ | | | | | | |
| ٢ | | | | | | |
| ٣ | | | | | | |
| ٤ | | | | | | |
| ٥ | | | | | | |
| ٦ | | | | | | |
| ٧ | | | | | | |
| ٨ | | | | | | |
| ٩ | | | | | | |
| ١٠ | | | | | | |

جدول رقم ١٣: حساب الإجهاد و الانفعال لكل عينة على حدة

١٦. ارسم منحنى الإجهاد والانفعال (σ- ε) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.

شكل رقم ٤٩




شكل رقم ٥٠: منحنيات الاجهاد و الانفعال لمعادن مختلفة اثناء اختبار الضغط

١٧. احسب معامل المرونة حسب نوع المادة

أ. المواد المطيلية من العلاقة التالية

**حساب قيمة معامل المرونة** = $\frac{\textit{Elastic stress}}{\text{Corresponding Elastic strain}}$ **(ن/م٢)** $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

أو من ميل الخط المستقيم من منحني الإجهاد –الانفعال وسجلها في جدول النتائج.

ب. المواد القصفة

$$E = \frac{\sigma^n}{\varepsilon}$$

حيث n : رقم ثابت يختلف من معدن الى معدن.

١٨. احسب إجهاد الخضوع في حالة المعادن.

١٩. حدد قيمة إجهاد الخضوع Yield Stress (σy) للمواد المطيلة أما من منحني (الإجهاد – انفعال) مباشرة أو باستخدام طريقة رسم خط موازي لخط المرونة offset method في حالة إذا كانت نقطة الخضوع غير واضحة .أما في حالة المعادن القصفة والنصف مطيلة فيتم حساب المقاومة القصوى للضغط. مع ملاحظة أن حمل الكسر هو قيمة الحمل الذي انكسرت عنده العينة و سجله في جدول النتائج.

٢٠. احسب معامل المطروقية Modulus of Malleability للعينة (نسبة الزيادة في مساحة المقطع) كما يلي

$$\% \, MOM = \frac{A_f - A_o}{A_o} \times 100$$

٢١. تحديد إجهاد الفشل أو الكسر Fracture Stress من منحني الإجهاد- انفعال .

٢٢. حساب نسبة القصر

$$\% \, Elnog. = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \varepsilon \times 100$$

٢٣. لاحظ الفروقات (التباين) بين سلوك كل معدن أثناء التحميل عليه في اختبار الشد حتى الكسر إن وجد في العينات وسجل ذلك في جدول المشاهدات وملاحظة أشكال الكسر و قم بمناقشة منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن الثلاثة مع المدرب.

**تمثل نسبة القصر النسبية في الطول والتزايد النسبي في مساحة المقطع قدرة المادة على التشكيل في المنطقة اللدنة Plastic Zone وبالتالي هي تقيس وتحدد خاصية المطيلية Ductility**

## ملاحظات هامة يقوم المدرب بشرحها ومناقشتها مع الطلاب:

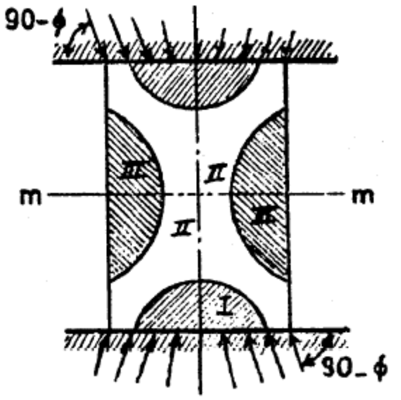
**العوامل المؤثرة على دقة نتائج اختبار الضغط هي ما يلي:**

١. **شكل العينة:** حيث يفضل أن يتناسب مقطع العينة المختبرة مع رأس ماكينة الاختبار فصغر مقطع العينة بالنسبة لمساحة رأس الماكينة يؤثر على قيمة الحمل المنتقل للعينة فيتوجب حينها استعمال قطع ارتكاز (جلب) بين نهايتي العينة وبين فكي ماكينة الاختبار.

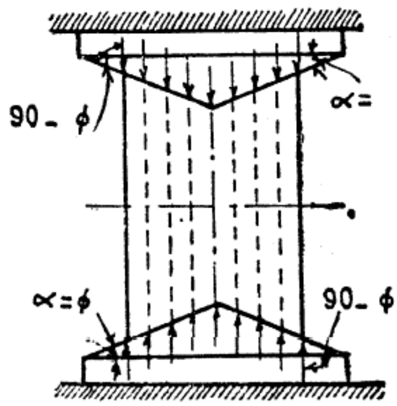
٢. **الاحتكاك عند سطحي نهايتي العينة المختبرة:** نظرا للإجهادات القطرية والمماسة لقوى الاحتكاك بين سطحي قطعة الاختبار وبين رأس ماكينة الاختبار لا يحدث انتظام أو تجانس في توزيع الإجهادات على عينة الاختبار. وللتغلب على هذه المشكلة تشحم الأسطح المعرضة للاحتكاك باستعمال مادة تشحيم مناسبة ولا يعنى هذا تجنب القوى المسببة للاحتكاك تماما بالتشحيم في حالة الأسطح غير منتظمة.

وهناك طريقة أخرى للحصول على تشكيل منتظم بعينة الاختبار وهي تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء وبذلك نحصل على انتظام في شكل الجزء الأوسط من العينة. ونستخدم هذه الطريقة في المواد التي لها تغير قليل في الشكل.

أما الطريقة الثالثة لتقيل الاحتكاك فهي لف رأس ماكينة الاختبار بحيث يميل بزاوية معينة وليكن (α) على سطحي عينة الاختبار وبهذا يتوازى اتجاه الإجهادات مع محور قطعة الاختبار وتحتفظ العينة بشكلها الأسطواني بعد الاختبار كما يمكن تقليل الاحتكاك مع رأس الماكينة عن طريق دهان وتشحيم سطحي عينة الاختبار. ويوضح شكل رقم ٥١ مناطق الاحتكاك وكيفية التغلب عليها في عينة اختبار الضغط.




مناطق الاحتكاك في عينة اختبار الضغط

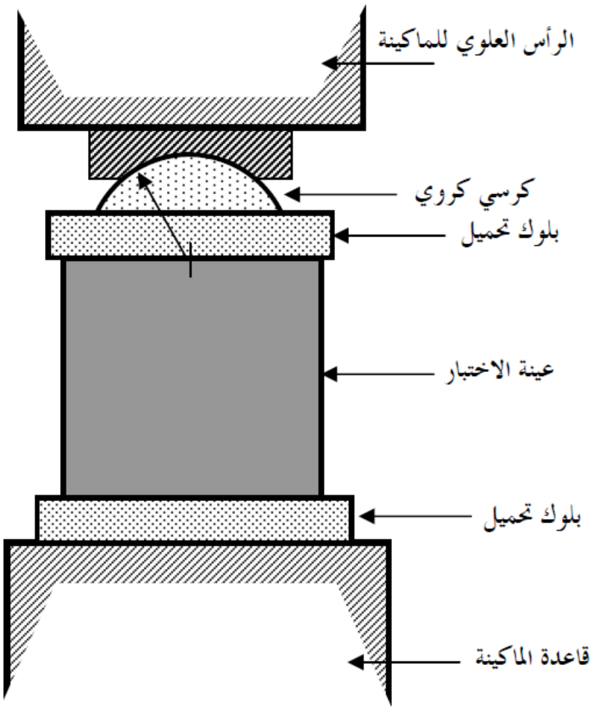



كيفية التغلب على تأثير الاحتكاك في اختبار الضغط

شكل رقم ٥١: مناطق الاحتكاك وكيفية التغلب عليها في عينة اختبار الضغط.

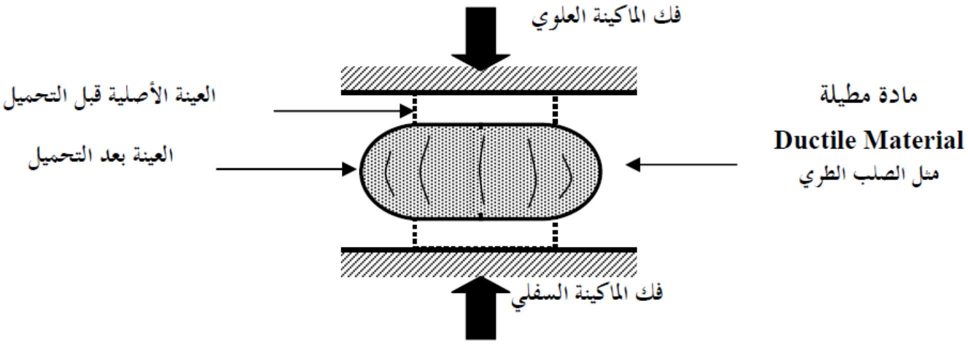
٣. **انبعاج العينة:** يجب أن يكون ارتفاع العينة الخاضعة لاختبار الضغط لا يزيد عن قطرها بمقدار ١٠ مرات لضمان منع حدوث انبعاج للعينة.

٤. **المحورية:** يجب أن يكونا سطحي التحميل لفكي ماكينة الاختبار مستويين وعموديين على محور العينة لضمان انتظام الإجهادات المؤثرة على سطحي العينة المختبرة ولضمان أيضا عدم حدوث أي انحناء للعينة. ولذلك يستعمل مرتكز كروي لتعديل أي انحراف في ميل الحمل وجعله محوريا دائما. ويوضح شكل رقم ٥٢ المرتكز الكروي لتعديل الانحراف في ميل الحمل.

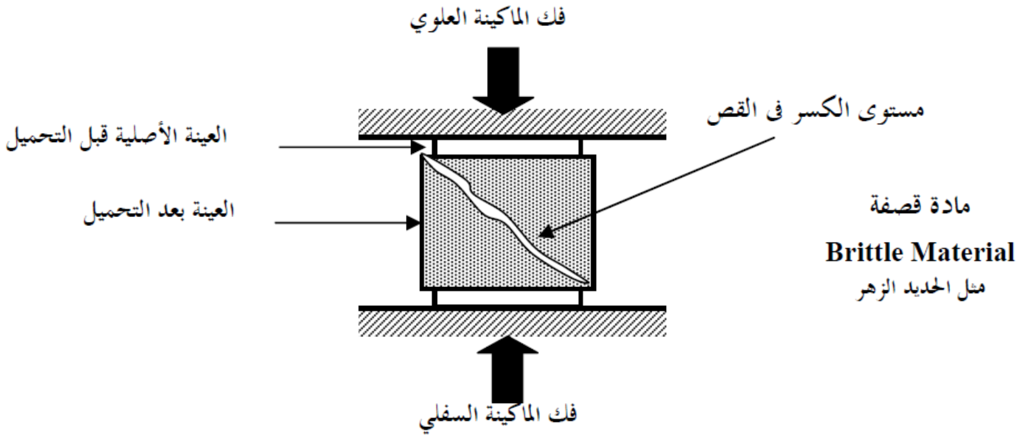



شكل رقم ٥٢: المرتكز الكروي لتعديل الانحراف في ميل الحمل.

## اشكال العينات المطيلية والنصف مطيلية والقصفة مبينة في شكلي ٥٣ و٥٤




شكل رقم ٥٣: الانهيار في المعادن المطيلية




شكل رقم ٥٤: الانهيار في المعادن النصف المطيلية والقصفة

## تسجيل النواتج

| نوع المعدن | القطر (مم) | | الطول (مم) | | حمل الخضوع (KN) | حمل الانكسار (KN) | زاوية ميل الكسر مع الأفقي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | الأصلي $d_o$ | النهائي (بعد الكسر) $d_f$ | الأصلي $L_o$ | النهائي (بعد الكسر) $L_f$ | | | |
| صلب طرى (مادة مطيلة) | | | | | | | |
| نحاس أصفر (نصف مطيلة) | | | | | | | |
| حديد زهر (مادة قصفة) | | | | | | | |

جدول رقم ١٤

## المشاهدات

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس الحمل والاستطالة بدقة | | | |
| ٦ | يرسم المنحنيات بدقة ووضوح | | | |
| ٧ | يحسب الإجهاد والانفعال | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية | | | |

## توقيع المدرب

الاسم:............................ التوقيع:........................... التاريخ:..........................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات مختلفة تم عمل اختبار الضغط لها سابقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة Brittle) في دقيقتين وقياس زاوية الكسر للصنفين الثاني والثالث.
- هل تتساوى حدود إجهاد الخضوع $\sigma_y$ الأجهاد الأقصى $\sigma_u$ في اختباري الشد والانضغاط للمواد المطيلية وما هو الحال بالنسبة للمواد القصفة؟ وما أهمية معرفة ذلك بالنسبة للفنيين والمهندسين العاملين بالمهن الميكانيكية.

# اختبار الصلابة Hardness test

| تدريب رقم | ٤ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- قياس صلادة العلامة للمواد بطريقة برينل Brinell's method
- قياس صلادة العلامة للمواد بطريقة فيكرز Vickers's method
- معرفة أهمية اختبار الصلادة للمواد.
- معرفة الأنواع المختلفة للصلادة.
- معرفة العلاقة بين رقم برينل للصلادة ومقاومة الشد للمعدن.
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من الاختبارات.

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الصلادة قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| جهاز برينل لاختبار صلادة العلامة للمعادن. | اختيار أي جزء ميكانيكي مناسب من ورشة العمل لقياس صلادته كالشاحن الجبري"Turbocharger" مثلا. | 1/نوع |
| جهاز فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن | قطع معدنية من معادن مختلفة مطيلية (الصلب الطري) ونصف مطيلية (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول. | ١/نوع |
| مفتاح الآنكية نجمة | | |

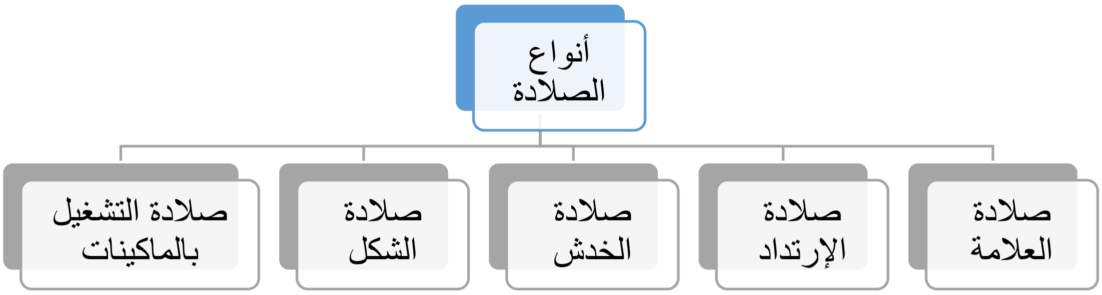
جدول رقم ١٥

## المعارف المرتبطة بالتدريب

الصلادة هي مقاومة المادة للخدش، التغلغل، أو التآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليما متماسكا تحت تأثير الأحمال، لذلك فيمكننا القول أن صلادة المعدن تعبر عن قدرته على مقاومة البري أو مقاومة حدوث علامة به أو وهى مقاومة التآكل نتيجة الاحتكاك بالتحميل.

### أ- أنواع الصلادة:

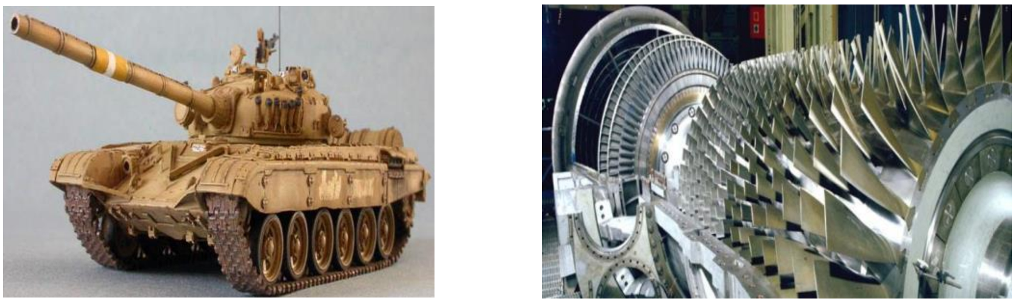
وهناك أنواع مختلفة للصلادة يوضحها شكل رقم ٥٦.




شكل رقم ٥٥: أنواع لصلادة

**أولا: صلادة العلامة**

وهي الخاصية التي تمكن المعدن من مقاومة حدوث علامة به نتيجة التأثير عليه بحمل ساكن أو متحرك. حيث أن المعادن التي تتمتع بصلادة علامة عالية كألياف الكربون والفاناديوم (vanadium) والكفلار (Kevlar) وغيرها التي يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات مثل صناعة ريش المحركات التوربينية وهياكل الطائرات الحربية وخزانات الوقود الخاصة بها كما يمكن استخدامها أيضا لصناعة هياكل الدبابات وغيرها كما هو موضح في شكل رقم ٥٦. وكل ذلك لأن صلادة هذه المعادن العالية تعطيها مناعة لاختراق الأجسام الحادة والرصاص والقنابل لجدارتها.



شكل رقم ٥٦: معادن صلدة تصنع منها ريش المحركات التوربينية وهياكل الدبابات

**ثانيا: صلادة الارتداد:**

وهي الخاصية التي تعبر عن مدى قدرة المادة على الرجوعية؛ أي قدرتها على امتصاص الطاقة الناتجة من تأثير الأحمال عليها ثم إعادتها مرة ثانية عند إزالة هذه الأحمال. وتستعمل المعادن التي تتمتع بصلادة ارتداد عالية في صناعة اليايات الخاصة بالمركبات والشاحنات كما هو موضح في شكل رقم ٥٧.

شكل رقم ٥٧: اليايات ذات صلادة عالية

**ثالثا: صلادة الخدش:**

هي الخاصية التي تعبر عن مدى مقاومة سطح المعدن للخدش. وتفيد هذه الخاصة في تقدير صلادة المعدن في عمليات البرد حيث أن المعادن التي لها صلادة خدش صغيرة يسهل إجراء عمليات البرادة لها. كما تفيد خاصية صلادة الخدش أيضا في معرفة ما إذا كان المعدن سيتعرض للخدش أثناء التشغيل.

**رابعا: صلادة الشكل:**

وهذه الخاصية تعبر عن مدى قدرة سطح المعدن على مقاومة البري والتآكل نتيجة الاحتكاك، فالمعادن التي لها صلادة تأكل عالية تستخدم في تغليف عجلات القطارات وأسطح القضبان ولصناعة أجزاء الماكينات المعرضة للاحتكاك كما هو موضح في شكل رقم ٥٨.

شكل رقم ٥٨: عجلات القطار لها صلادة عالية تقاوم التأكل

**خامسا: صلادة التشغيل بالماكينات:**

وهذه الخاصية تعبر عن مدى مقاومة المعدن للتشغيل بالماكينات المستخدمة في عمليات التشغيل المختلفة كالثقب والقطع والبرد وغيرها... فالمعادن التي لها صلادة تشغيل عالية تتسبب في تقليل الإنتاج والماكينات

المستخدمة في تشغيلها تتطلب قطع غيار كثيرة. لذلك فيجب معرفة صلادة التشغيل أولا للمعدن المراد تشغيله حتى تتمكن من اختيار الماكينة والأداة المناسبة للتشغيل.

## ب- أهمية اختبار الصلادة:

معظم المواصفات القياسية تحتم ضرورة عمل اختبار الصلادة للمعادن واعتباره كاختبار قبول أو رفض لها. فهناك العديد من الاختبارات التي تستخدم لتحديد صلادة العلامة كاختبار فيكرز Vickers's test أو اختبار برينل Brinell's test وغيرها من الاختبارات الأخرى، وتستخدم نتائج اختبارات الصلادة في الأغراض الأتية؛

١. تحديد نسبة الكربون المناسبة لإضافتها في صناعة الصلب لأنه من المعروف أن كلما نقصت نسبة الكربون في المعدن كلما قلت صلادته.
٢. معرفة صلادة المعدن قبل التشغيل يساعد في تحديد ماكينات التشغيل المناسبة ومن ثم التحكم في الإنتاج.
٣. ترتيب المعادن حسب صلادتها ومن ثم تحديد الاستخدام المناسب لها في التطبيقات الصناعية المختلفة.
٤. التأكد من ملائمة ودقة عمليات المعالجة الحرارية المستخدمة في صناعة المعادن لأن هذه العمليات تؤثر تأثيرا مباشرا على صلادة سطح المعدن.
٥. استخدام طريقة برينل لعمل اختبارات الصلادة يمكنها إعطاء القيمة التقريبية لمقاومة الشد للمعدن دون الحاجة إلى إجراء اختبار متلف له.
٦. معرفة مدى تأثير طريقة تشغيل المعدن للشكل المطلوب على صلادته وذلك بإجراء اختبار صلادة للمعدن قبل وبعد عملية التشغيل.

ويجدر بنا التنويه هنا على أن اختبار صلادة العلامة هو أكثر اختبارات الصلادة استخداما في المجال الهندسي أو الصناعي. وفى هذا النوع من الاختبار يتم استخدام أداة ويضغط بها على المعدن حتى تترك أثر علامة على سطح المعدن بعد إزالة الحمل المؤثر، وتتراوح مدة التحميل ما بين ١٥ إلى ٣٠ ثانية.

ويتم معرفة صلادة المعدن بقياس عمق الأثر أو عرضه حيث أن كلما زادت القيمة المقاسة للأثر كانت صلادة المعدن أقل، وتكون قيمة صلادة المعدن كالاتي؛ صلادة المعدن = الحمل المؤثر / مساحة الأثر

## ت- القوانين الأساسية

### أولا: اختبار برينل Brinell للصلادة

يستخدم رقم برينل .Brinell No للصلادة للتعبير عن صلادة المعدن الخاضع للاختبار الذي يحسب كما يلي؛

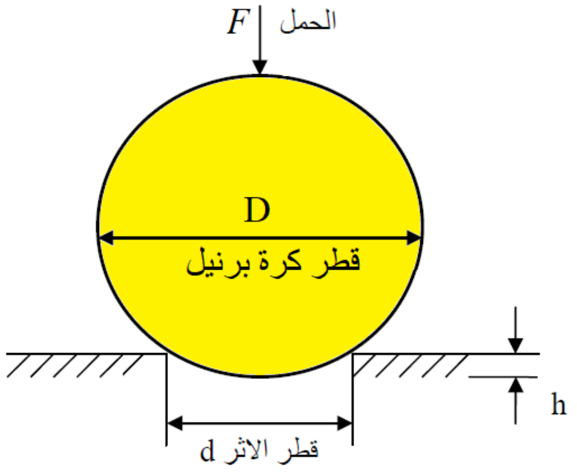
رقم صلادة برينل = حمل الاختبار (Kg) / مساحة أثر الكرة على قطعة الاختبار ($mm^2$) كما هو موضح بالعلاقة التالية ؛

$$\boldsymbol{Brinell\ Hardness\ Number = B.H.N = \frac{F}{\pi \times D \times h}}$$

**حيث أن:**

- h: عمق الأثر (mm)، D: قطر كرة برينل (mm).
- d: قطر الأثر (mm)، F: حمل الاختبار (Kg).

شكل رقم ٥٩: أداة اختبار برنل للصلادة




شكل رقم ٦٠: اثر كرة برينل للصلادة.

## ث- النقاط الواجب مراعاتها عند الاختبار:

١. قياس الأثر (d) في اتجاهين متعامدين واعتبار متوسطهما عند حساب رقم برنيل للصلادة.

٢. دقة القياس يجب وأن تكون حتى 0.01 mm.

٣. أن يكون شكل الأثر وعمقه بدرجه تمكن من دقة القياس أي لا يكون العمق صغيرا بدرجة تكون هبوط حول الأثر وألا يكون العمق كبيرا بدرجة تكون تشوه أو نتوء حول الأثر.

٤. يعتبر الأثر مناسبا لحساب رقم برنيل إذا كانت قيمة قطره تتراوح من 0.25 إلى 0.5، أي أن يكون؛ d/D = 0.25-0.5 أي بمتوسط d/D = 0.375 ، ويعامل هذا الرقم على أنه شرط مهما اختلف نوع المعدن المختبر.

- يراعى أن حمل الاختبار المناسب للمعدن المختبر لابد وأن تستعمل معه كرة ذات قطر مناسب حتى نحصل على أثر مناسب لقياس قطره بدقة أي حتى نستوفى الشرط d/D = 0.5-0.25 وأن يساوى قيمة ثابتة مهما اختلف نوع المعدن المختبر. ويتطلب هذا الشرط أن يكون الأثر متشابها هندسيا مهما اختلفت الأحمال وأقطار كرات برنيل المستخدمة كما في شكل رقم ٦٠.
- قد اتضح من التجارب المختلفة أن متوسط إجهاد الضغط للتحميل على سطح المعدن له قيمة ثابتة عند حصول أثار كرات برنيل بحيث تتشابه تلك الأثار هندسيا مع اختلاف أقطارها والحمل أي أن؛

$$\text{إجهاد الضغط } \sigma = \frac{F}{\pi \times d^2/4}$$

- وحيث أن d/D ثابت أي $d^2/D^2$ ثابت أيضا وأن $F/d^2$ ثابت وبالتالي $(d^2/D^2)\times(F/d^2)$ ثابت وعلى ذلك تكون العلاقة بين قطر كرة برنيل وحمل الاختبار هي؛

$$\frac{\text{حمل الإختبار}}{(\text{قطر كرة برنل})^2} = \frac{F}{D^2} = \text{عدد ثابت} \qquad (2.15)$$

- ويختلف هذا العدد الثابت باختلاف نوع المعدن كما مبين في جدول رقم ١٦.

| الثابت $\frac{F}{D^2}$ | نوع المعدن | رقم برينل للصلادة |
|---|---|---|
| 30 | المعادن الحديدية | أكبر من 160 |
| 10 | سبائك النحاس وسبائك الألومنيوم | من 60 إلى 160 |
| 5 | النحاس – الألومنيوم | من 20 إلى 60 |
| 1 | الرصاص – القصدير – سبائكهما | أقل من 20 |

جدول رقم ١٦

- فإذا كان لدينا عينة من الصلب ونريد عمل اختبار برينل للصلادة لها باستخدام كرة برينل قطرها (D=10 mm) ونريد حساب قيمة الحمل اللازم للاختبار فيكون الحل كالاتي؛

نستخدم جدول رقم ١٦ لنحصل على قيمة الثابت $(\frac{F}{D^2})$ وهى 30 وبالتالي يكون الحمل اللازم للاختبار هو

$$\frac{F}{D^2} = 30 \rightarrow \frac{F}{10^2} = 30 \rightarrow F = 3000 \text{ Kg}$$

ويبين جدول رقم ١٧ الأحمال المستخدمة في اختبار برنيل للصلادة للمعادن المختلفة؛

| قطر كرة برنل: D (mm) | الحمل F (kg) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | الثابت $\frac{F}{D^2}$ | | | |
| | 1 | 5 | 10 | 30 |
| 1 | 1 | 5 | 10 | 30 |
| 2 | 4 | 20 | 40 | 120 |
| 5 | 25 | 125 | 250 | 750 |
| 10 | 100 | 500 | 1000 | 3000 |

جدول رقم ١٧

## ثانيا: اختبار فيكرز Vickers للصلادة

يحسب رقم فيكرز للصلادة كالتالي:

$$\text{رقم صلادة فيكرز} = \frac{\text{حمل الأختبار}\ (Kg)}{\text{مساحة أثر الكرة على قطعة الإختبار}\ (mm^2)}$$

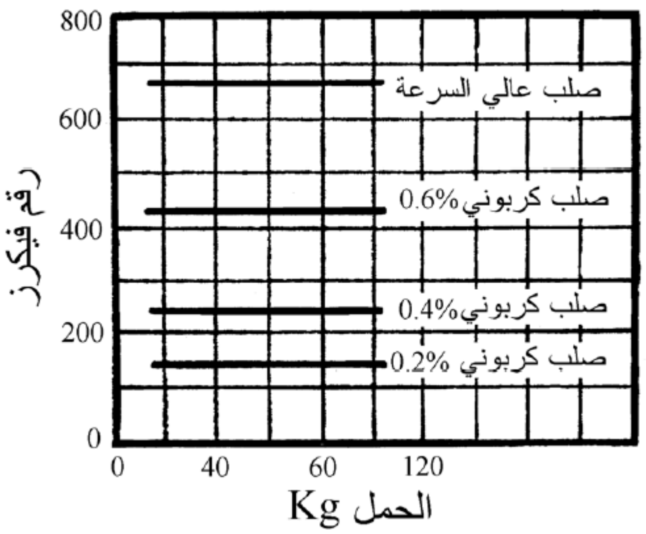
$$Vickers\ Hardness\ No.(V.H.N.) = \frac{2 \times F \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2}$$

$$V.H.N. = 1.854 \times \frac{F}{d^2}$$

**حيث أن:**

- d: قطر الأثر (mm)
- F: حمل الاختبار (Kg).

ويلاحظ أن اختلاف التحميل للعينة مع ثبوت الهرم الماسي في كل حالة لا يؤثر في اختلاف قيمة رقم فيكرز للصلادة حيث أن التجارب المتعددة أثبتت أن رقم فيكرز ثابت للمعدن الواحد مهما اختلفت الأحمال المؤثرة كما هو موضح في شكل رقم ٦١.




شكل رقم ٦١: اختلاف التحميل مع ثبات الهرم الماسي في اختبار صلادة فيكرز لا يؤثر على قيمة الصلادة.

ويلاحظ أن استخدام هرم من الماس صغير ودقيق الحجم يجعل من الممكن تحديد صلادة المعادن لعينات رقيقة السمك وذلك حتى سمك قدره 0.01 mm.

**في حالة اختبار برينل أو فيكرز، إذا كان سطح العينة الخاضعة للاختبار مقوسا أو يوجد به اعوجاج أو كان شكل الإثر بيضاوي (في حالة طريقة برينل) يتوجب في هذه الحالة أخذ القيمة المتوسطة لقطر الأثر باستخدام العلاقة التالية:**

$$d=(d_1+d_2)/2$$

**مزايا استخدام طريقة فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن:**

١. يعطى قيم دقيقة لرقم الصلادة.
٢. الأحمال المؤثرة صغيرة إذا ما قورنت بالأحمال المؤثرة في اختبار برنيل.
٣. يمكن استخدامه لتحديد صلادة المعادن شديدة الصلادة نظرا لاستخدام الهرم الماسي ذو الصلادة الأعلى بين المعادن.
٤. يمكن استخدامه لتحديد صلادة المعادن الرقيقة السمك والتي لا يصلح لها اختبار برينل.

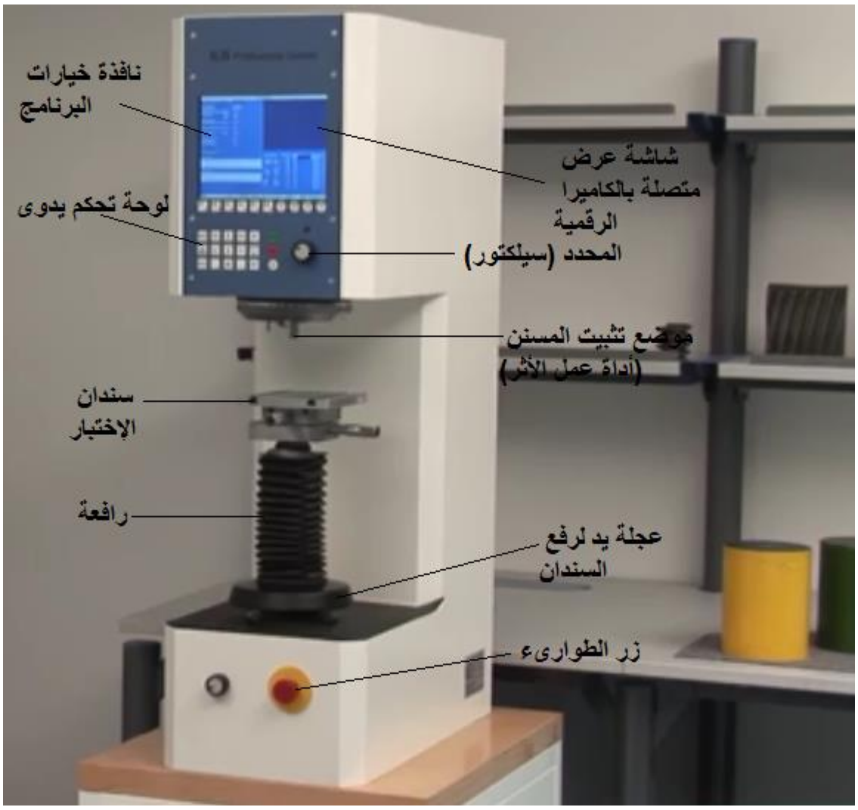
## ج- شرح مكونات وطريقة عمل جهاز برينل و فيكرز:

يوضح شكل رقم ٦٢ ماكينة الاختبار العامة للصلادة حيث تحتوى على سندان لتثبيت عينة الاختبار ويرتكز هذا السندان على رافعة يتم التحكم بها بعجلة يد لضبط ارتفاع العينة بالنسبة للمسنن كما يحتوى الجهاز أيضا على محور يحوى كلا من موضع تثبيت المسنن والميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية كما هو موضح في شكل رقم ٦٣ ويوجد أيضا بواجهة الجهاز لوحة تحكم يدوى ومحدد (Selector) لضبط إعدادات البرنامج ويوجد أيضا شاشة متصلة بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية ويلحق بالجهاز أيضا حقيبة تحوى مجموعة من المسننات يتم الاختيار بينها حسب نوعية العينة الخاضعة للاختبار.

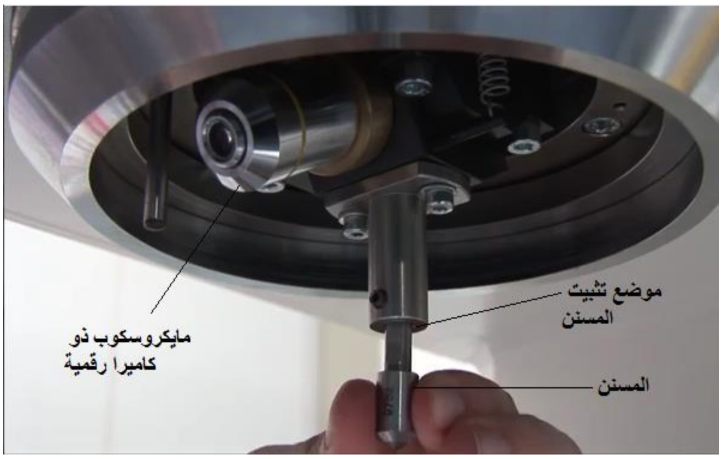
وتحتوي المسننات الخاصة باختبار برينل في نهايتها على كرة من الصلب الصلد تسمى كرة برينل Brinell والتي يجب أن يكون سطحها دائما أملس بحيث يجب بعد كل اختبار التأكد من سلامتها وعدم انبعاجها أو حدوث تغير في قطرها وإلا أصبحت غير صالحة للاستعمال ويلزم استبدالها بأخرى أكبر منها، ويوضح جدول رقم ١٨ أقطار الكرات المستعملة في هذا اختبار برينل Brinell مع حدود السماح.

| قطر كرة الاختبار (mm) | 1 | 2 | 5 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| حدود السماح (mm) | ±0.0025 | ±0.0035 | ±0.004 | ±0.0045 |

جدول رقم ١٨: أقطار الكرات المستعملة في هذا اختبار برينل مع حدود السماح




شكل رقم ٦٢: ماكينة اختبار الصلادة بطريقة برينل Brinell




شكل رقم ٦٣: محور تثبيت المسنن

توجد ثلاثة أنواع لاختبار صلادة العلامة القياسية للمعادن هي؛ اختبار برينل "Brinell" – اختبار فيكر "Vicker" – اختبار روك ويل "Rockwell"، وسنكتفى في هذا الجزء بحساب صلادة العلامة للمعدن باستخدام كل من اختباري برينل وفيكر.

## ح- العلاقة بين رقم برينل للصلادة وبين مقاومة الشد للمعادن:

استطاع العالم برينل أن يثبت عمليا أن هناك علاقة تقريبية بين رقم برينل للصلادة ومقاومة الشد مما يفيد في معرفة مقاومة المعادن للشد دون الحاجة إلى إجراء اختبار متلف عليها:

$$\sigma_{UTS}\left(\frac{\mathrm{Kg}}{\mathrm{mm}^2}\right) = \mathrm{B.H.N.} \times 0.36$$

$$\sigma_{UTS}\left(\frac{\mathrm{Ton}}{\mathrm{in.}^2}\right) = \mathrm{B.H.N.} \times 0.22$$

$$\sigma_{UTS}\left(\frac{\mathrm{Ib_m}}{\mathrm{in.}^2}\right) = \mathrm{B.H.N.} \times 500$$

**حيث أن:**

$\sigma_{UTS}$: مقاومة الشد بوحدات الـ Ton: طن و in: بوصة و $Ib_m$: باوند.

## خطوات تنفيذ التدريب

**العينات المستخدمة في اختبار الصلادة**

شكل رقم ٦٤: جهاز الشاحن الجبري "Turbocharger"

شكل رقم ٦٥: عينات مربعة ودائرية الشكل من الحديد الطري والحديد الزهر والنحاس الأحمر والأصفر.

## أولا: اختبار برينل للصلادة

### الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار برينل:

١. يجب ألا يقل سمك قطعة الاختبار عن عشرة أمثال عمق الأثر "h" حتى لا يظهر أي انبعاج للسطح الخلفي لقطعة الاختبار نتيجة ضغط الحمل عليها.

$$h = \frac{F}{\pi \times D \times ''B.H.N''}$$

**حيث أن:**

- h: هو عمق الأثر (mm)
- D: هو قطر كرة برنل (mm).
- F: هو حمل الاختبار (Kg)
- B.H.N: رقم برنل.

٢. يجب أن يكون سطح قطعة الاختبار مصقولا وخاليا من الشحم والزيت حتى لا نتمكن من قياس قطر أثر كرة برينل بمقياس دقته 0.01 mm.

٣. يجب ألا تقل المسافة بين مركز كرة برينل وحافة قطعة الاختبار عن مرتين ونصف قطر الأثر وألا تقل المسافة بين مركزي أثرين متجاورين عن أربعة أمثال قطر الأثر.

## الحالات التي تؤدى إلى الخطأ في نتائج اختبار برينل:

تعتبر النتائج التي نحصل عليها من اختبار برنل غير صحيحة في الحالات الأتية:

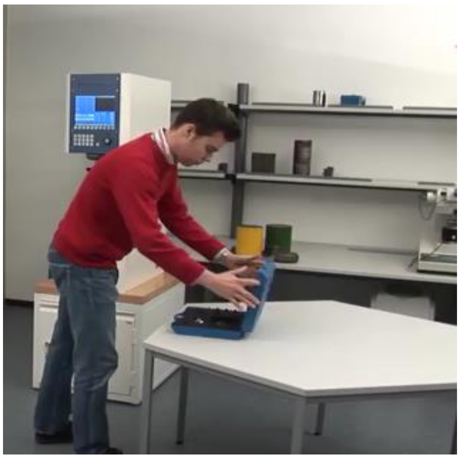
١. إذا كان المعدن الخاضع للاختبار شديد الصلادة بحيث يغير من شكل سطح كرة برنل ولا يحدث العلامة أو الأثر المطلوب.

٢. إذا حدث انبعاج في سطح المعدن الخاضع للاختبار وظهر أثر الانبعاج على الجانب الأخر لعينة الاختبار

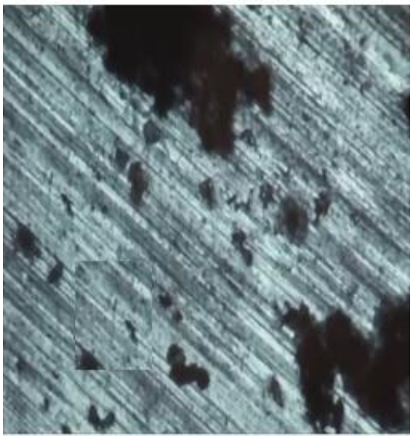
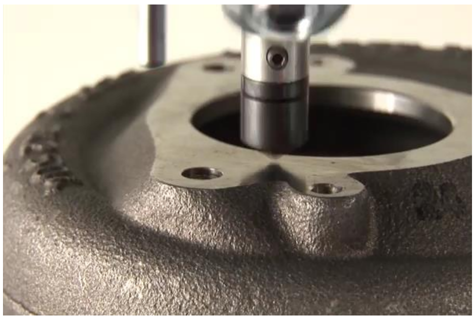
٣. إذا كانت العينة الخاضعة للاختبار مصلده بالتغليف وكان عمق الأثر الحادث أكبر من سمك الطبقة المصلده حيث أنه في هذه الحالة لا يمثل رقم برنيل للصلادة صلادة الجزء المصلد.

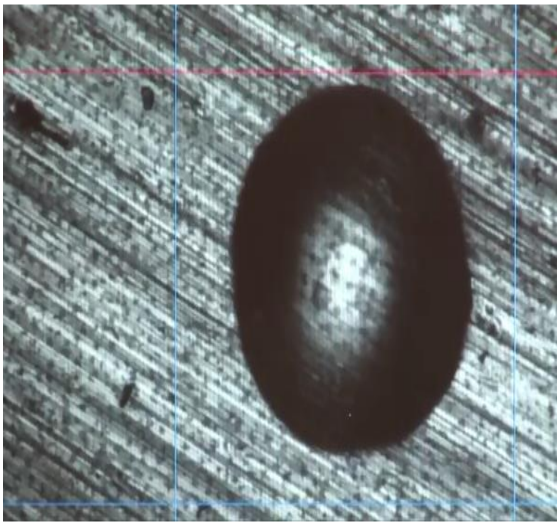
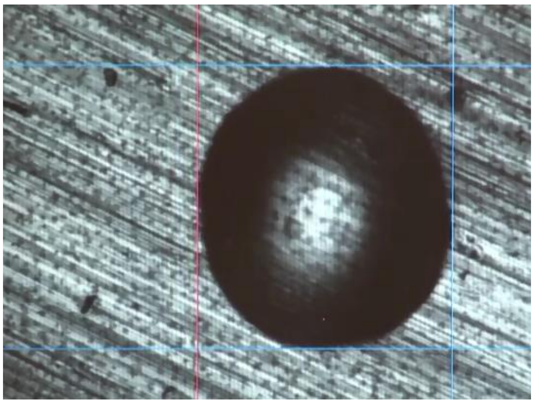
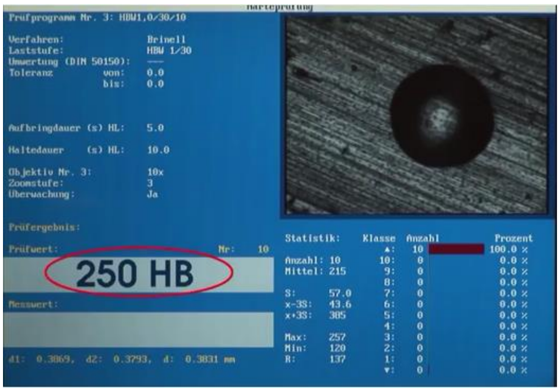
**خطوات التجربة (لاختبار برنيل للصلادة):**

| | |
|---|---|
| | |
| ١. استخدام المحدد ولوحة التحكم لاختيار طريقة الاختبار وإعدادات البرنامج | ٢. غير المسنن الموجود بالجهاز لتركيب مسنن أخر مناسب لعينة الاختبار |

| | |
|---|---|
|  | |
| ٣. اختر مسنن مناسب من حقيبة الاختبار | |
| | |
| ٤. ركب المسنن الذى تم اختياره بالجهاز | ٥. لف عجلة اليد لرفع سندان تثبيت العينة ليكون في وضع مناسب لكلا من الميكروسكوب والمسنن |
| | |
| ٦. ضع العينة (الشاحن الجبري) على السندان أسفل المسنن لنبدأ الاختبار | ٧. استبدال مايكروسكوب الطول مكان المسنن حيث يوجد معه على نفس المحور |

<table dir="rtl">
<tr><td colspan="2">

</td></tr>
<tr><td colspan="2">٨. اضبط ارتفاع عينة الاختبار حتى يصبح سطح العينة في متناول رؤية الكاميرا الرقمية وتظهر صورة سطح العينة على الشاشة بوضوح</td></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>٩. اضغط على زر البدا بشاشة التحكم ليبدأ الاختبار</td><td>١٠. تقوم ماكينة الاختبار أوتوماتيكيا بلف المسنن والمايكروسكوب ذو الكاميرا ليصبح المسنن مكان الميكروسكوب</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>١١. تتحرك ماكينة الاختبار بالضغط التدريجي على العينة لتصنع أثرا بها (يجب ألا تقل فترة التحميل عن ١٥ ثانية في حالة التحكم اليدوي)</td><td>١٢. يبتعد المسنن بعد أن يقوم بعمل الأثر اللازم بالعينة عن سطح العينة وتستبدله الماكينة أوتوماتيكيا بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمي</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| |  |
| ١٣. يظهر الأثر الموجود على شاشة الجهاز ويختار الطالب بواسطة المحدد وضعية قياس قطر الأثر | |
|  |  |
| ١٤. يبدأ الجهاز بقياس قطر الأثر | ١٥. يقوم الجهاز بحساب قيمة رقم برنل للصلادة |

- **يفضل إجراء أكثر من اختبار على القطعة الواحدة وأخذ متوسط النتائج وذلك كلما سمحت قطعة الاختبار بذلك**
- **يقوم الطالب باختيار عينة من عينات المعادن الأخرى التي سبق ذكرها وتطبيق نفس الخطوات لقياس صلادتها.**

## تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل النتائج التي حصل عليها من برنامج ماكينة الاختبار ويملئ الجدول التالي.

| نوع العينة المستخدمة | قطر كرة المسنن المستخدم mm | مقدار الثابت (F/D2) | مقدار الحمل (F) Kg | قطر الأثر الأول "D1" mm | قطر الأثر الثاني "D2" mm | المتوسط قطر الأثر $=\frac{D1+D2}{2}$ | رقم برينل للصلادة "B.H.N" |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عينة الشاحن الجبري | | | | | | | |
| عينة الحديد الطري "مادة مطيلة" | | | | | | | |
| عينة نحاس أصفر (نصف مطيلة) | | | | | | | |
| عينة حديد زهر (مادة قصفة) | | | | | | | |

جدول رقم ١٩

يقوم الطالب بمقارنة قيم برينل للصلادة للعينات المختلفة وأيضا مقارنة حجم الأثر الموجود بكل عينة ويناقش النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته وما يشاهده في الجدول لتالي.

## المشاهدات

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................

.................................................................................................

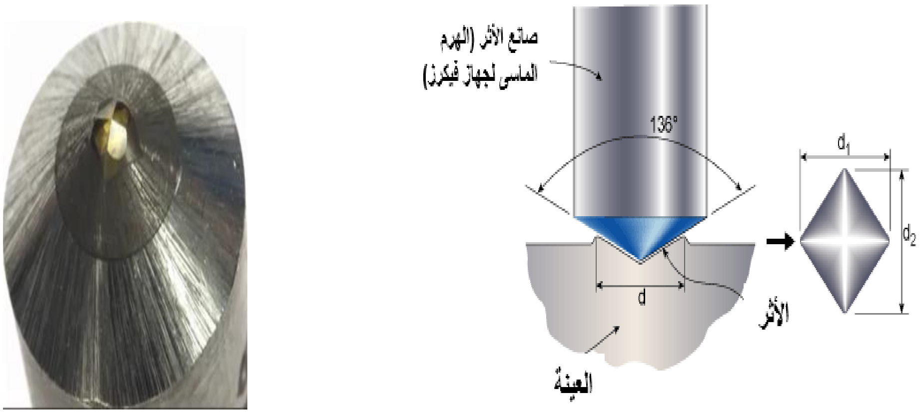
يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الاتي:

## خطوات تنفيذ التدريب

### اختبار فيكرز للصلادة

**الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار فيكرز**

١. يجب مراعاة أن المسنن المستخدم في اختبار فيكرز للصلادة يختلف عن مسنن برينل حيث ينتهي مسنن فيكرز بهرم ماسي دقيق له قاعدة مربعة ويتقاطع كل سطحين متقابلين لهذا الهرم على زاوية θ مقدارها ١٣٦° درجة. كما هو موضح شكل رقم ٦٦.

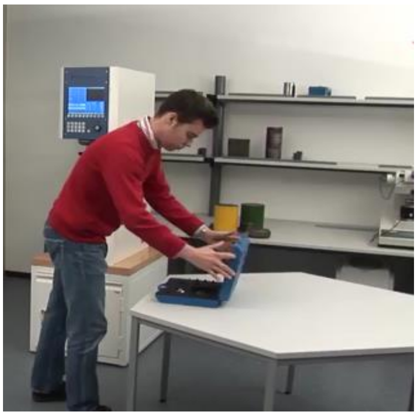
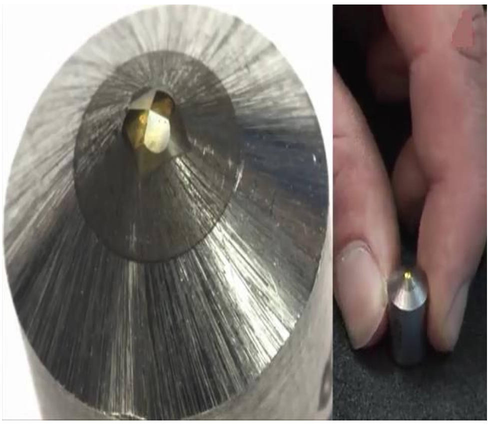
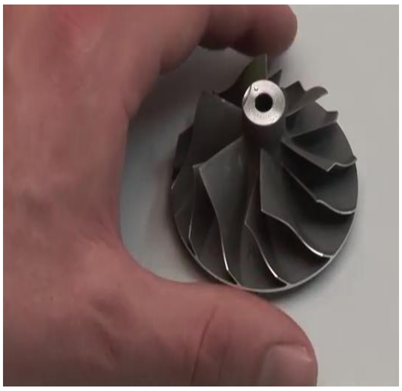


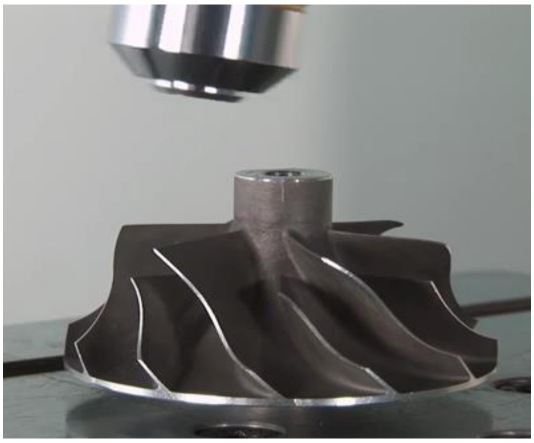
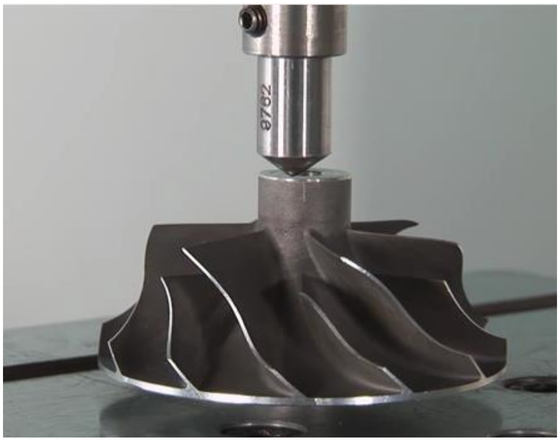
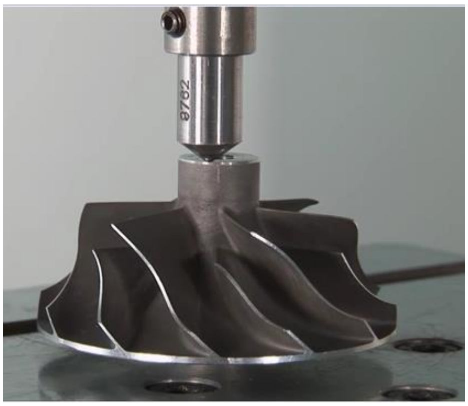
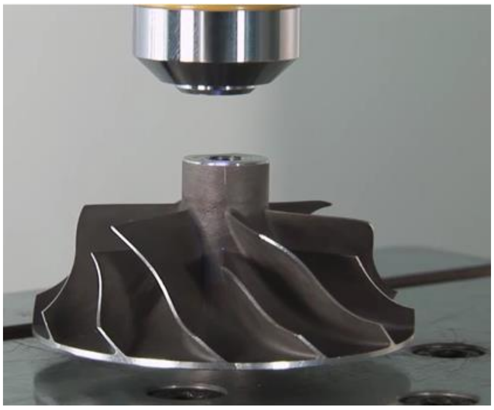

شكل رقم ٦٦: المسنن المستخدم في اختبار فيكرز للصلادة

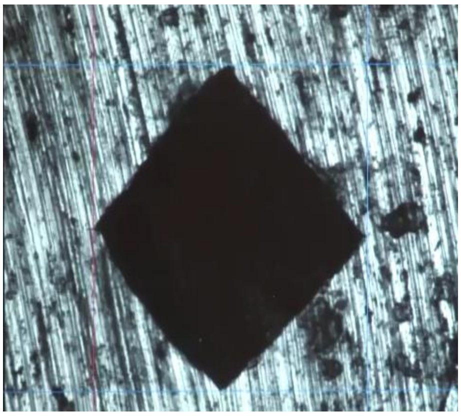
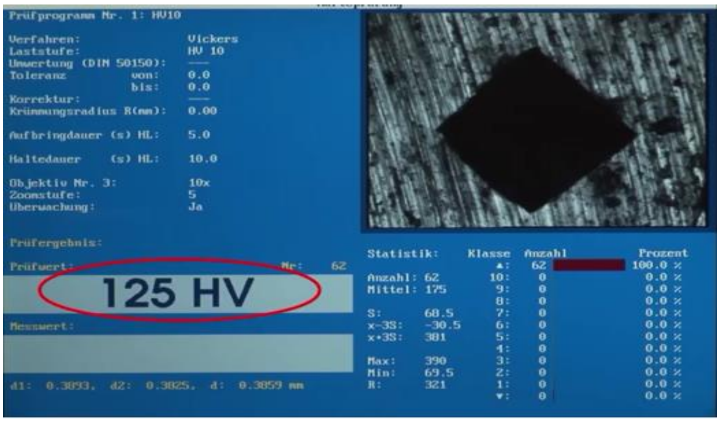
٢. يجب أن يكون سطح قطعة الاختبار مصقولا وخاليا من الشحم والزيت.

**خطوات التجربة (لاختبار فيكر للصلادة):**

| | |
|---|---|
| | |
| ١. استخدام المحدد ولوحة التحكم لاختيار طريقة الاختبار وإعدادات البرنامج | ٢. تغير المسنن الموجود بالجهاز لتركيب مسنن فيكرز لاختبار الصلادة |

| | |
|---|---|
|  |  |
| ٣. قم بإحضار مسنن فيكرز من حقيبة الاختبار | |
| |  |
| ٤. ركيب مسنن فيكرز بالجهاز | ٥. احضر العينة المستخدمة في الاختبار |
| | |
| ٦. ضع العينة على سندان الجهاز وأسفل المسنن مباشرة | ٧. لف يد عجلة رفع العينة حتى تصبح صورة العينة الظاهرة على شاشة الجهاز واضحة تماما |

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>٨. لاحظ صورة سطح العينة على شاشة الجهاز وتأكد من وضوح صورة سطح العينة</td><td>٩. اضغط على زر البدء الموجود بالجهاز لبدأ الاختيار</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">١٠. يقوم الجهاز أوتوماتيكيا بعد الضغط على ذر البدء، باستبدال الميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية بالمسنن ليبدأ الاختبار</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>١١. يبدأ الجهاز بالتحميل التدريجي على العينة (يجب ألا تقل فترة التحميل عن ١٥ ثانية في حالة التحكم اليدوي)</td><td>١٢. يستبدله الجهاز أوتوماتيكيا المسنن بعد انتهاءه من عمل الأثر بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية لقياس أبعاد الأثر</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
|  | |
| ١٣. يقوم الجهاز بقياس أبعاد الأثر ذو الشكل الهرمى. | ١٤. اضغط على زر الإدخال الموجود بلوحة التحكم لحساب رقم فيكرز للصلادة |
|  | |
| ١٥. يقوم الجهاز بحساب رقم فيكرز للصلادة أوتوماتيكيا وإظهاره على الشاشة | |

- **يفضل إجراء أكثر من اختبار على القطعة الواحدة وأخذ متوسط النتائج وذلك كلما سمحت قطعة الاختبار بذلك.**
- **يقوم الطالب باختيار عينة من عينات المعادن الأخرى التي سبق ذكرها وتطبيق نفس الخطوات لقياس صلادتها.**

## تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل النتائج التي حصل عليها من برنامج ماكينة الاختبار ويملئ الجدول التالي.

| نوع العينة المستخدمة | مقدار حمل الاختبار (F) Kg | قطر الأثر الأول "D1" mm | قطر الأثر الثاني "D2" mm | قطر الأثر المتوسط $=\frac{D1+D2}{2}$ mm | رقم فيكرز للصلادة "V.H.N" |
|---|---|---|---|---|---|
| القرص – الدوار للشاحن الجبري | | | | | |
| الحديد الطري "مادة مطيلة" | | | | | |
| نحاس أصفر (نصف مطيلة) | | | | | |
| حديد زهر (مادة قصفة) | | | | | |

جدول رقم ٢٠

- يقوم الطالب بمقارنة قيم فيكرز للصلادة للعينات المختلفة وأيضا مقارنة حجم الأثر الموجود بكل عينة ويناقش النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته.
- يقوم الطالب بمقارنة قيم فيكرز للصلادة مع قيم برينل للصلادة التي حصل عليها من التجربة السابقة لنفس نوع العينة وأيضا مقارنة حجم الأثر الحادث في كل عينة من التجربتين ويناقش النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته وملاحظاته على دقة كل اختبار في جدول المشاهدات.

## المشاهدات

..................................................................................................

..................................................................................................

..................................................................................................

..................................................................................................

..................................................................................................

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الاتي:

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس رقم برينل للصلادة بدقة | | | |
| ٦ | يقيس رقم فيكرز للصلادة بدقة | | | |
| ٧ | يقيس الأثر بشكل سليم | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل ويعيد الماكينة لحالتها الأصلية | | | |

## توقيع المدرب

الاسم:............................ التوقيع:........................... التاريخ:..........................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات مختلفة تم عمل اختبار الضغط لها سابقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة Brittle) في دقيقتين وقياس زاوية الكسر للصنفين الثاني والثالث.
- هل تتساوى حدود إجهاد الخضوع $\sigma_y$ الأجهاد الأقصى $\sigma_u$ في اختباري الشد والانضغاط للمواد المطيلية وما هو الحال بالنسبة للمواد القصفة؟ وما أهمية معرفة ذلك بالنسبة للفنيين والمهندسين العاملين بالمهن الميكانيكية.

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات لها خصائص مختلفة لاختبار الصلادة.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:**

- أجراء اختبار الصلادة على أحد العينات المتاحة
- ما هي الأهمية الهندسية من معرفة صلادة المعدن؟

| اختبار الصدم Impact test | | | |
|---|---|---|---|
| تدريب رقم | ٥ | الزمن | ٨ ساعات |

## أهداف

- قياس مقاومة المواد المختلفة للتصدع والكسر تحت تأثير قوى الصدم.
- معرفة أهمية اختبار الصدم للمواد.
- معرفة الأنواع المختلف لاختبار الصدم.
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من اختبارات المواد المختلفة.

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الصدم قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| جهاز تشاربي Charpy لاختبار الصدم. | عينات "تشاربي" القياسية لاختبار الصدم من الحديد الطري والنحاس الأصفر والحديد الزهر | ١/نوع |
| قدمة ذات ورنية | | |

جدول رقم ٢١

## المعارف المرتبطة بالتدريب

كما ذكر سابقا في هذه الوحدة، أن خاصية المتانة هي الخاصية التي تمكن المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر، وأنها تعبر عن قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. ويوضح شكل رقم ٦٧ تأثير الصدمات على المواد المختلفة.

شكل رقم ٦٧: تأثير قوى الصدم على المواد المختلفة.

ونظرا لأهمية متانة المادة كان لزاما عمل اختبار يقيس هذه الخاصية الهامة للمواد، فكان **اختبار "الصدم"**؛ وهو عبارة عن اختبار يتم إجرائه على عينة من المادة المراد قياس خاصية المتانة لها عن طريق التأثير عليها بقوة صدم "حمل الصدم" بواسطة كتلة كبيرة نسبيا ومتحركة ويتم التأثير أو التحميل على العينة بطريقة فجائية لذا فهذا الاختبار يستغرق فترة قصيرة جدا من الزمن.

لذا يمكننا القول بأن اختبار الصدم يبين مدى مقاومة المادة للانهيار عند تعرضها لقوى صدم تحت ظروف التشغيل لأن بالتأكيد امتصاص المادة للطاقة عند الصدم يؤثر بشكل مباشر على سلوكها وعلى متانتها.

**اختبارات الصدم:**

- يوجد نوعين أساسين من اختبارات الصدم هما؛
  - اختبار البندول (Pendulum Test).
  - اختبار إسقاط الوزن (Drop Weight Test).
- واختبار البندول هو الأكثر انتشارا وتداولا ويوجد منه ثلاثة أنواع من الاختبارات وهم؛
  - اختبار تشاربي (Charpy Test).
  - اختبار أيزود (Izod Test).
  - اختبار الشد التصادمي (Tensile Impact Test).

ويعد اختباري " تشاربي" و " أيزود" هما الأشهر والأكثر استعمالا. وسوف نركز على اختبار تشاربي للصدم في هذه الوحدة.

## شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٦٨ ماكينة اختبار الصدم، وهو الشكل العام والأكثر انتشارا لماكينات اختبار الصدم، حيث تتكون ماكينات اختبار الصدم من أجزاء رئيسية لا غنى عنها وهي كما يلي:

١. **ذراع المطرقة**؛ وهو عبارة عن ذراع/قضيب طويل أحد طرفيه مثبت بالماكينة بوصلات تسمح له بالدوران والطرف الأخر حر وتثبت به كتلة تسمى المطرقة.

٢. **المطرقة**؛ وهي عبارة عن الكتلة التي تثبت في نهاية ذراع المطرقة.

٣. **ذراع التحكم**؛ ويستخدم للتحكم في حركة ذراع المطرقة.

٤. **قرص مدرج**؛ ويثبت به مؤشر احتكاك ليظهر مقدار الطاقة المبذولة لصدع العينة.

٥. **سندان**؛ وهو المستوى الذي تثبت به العينة الخاضعة للاختبار

٦. **قاعدة الماكينة**؛ وهي القاعدة التي تحمل برج الصدم والذي يثبت به ذراع المطرقة ويثبت عليها أيضا السندان الذي توضع به عينة الاختبار.

ويتم اختيار وتثبيت العينة في الجهاز حسب الطريقة المتبعة في الاختبار حيث تختلف طريقة تثبيت العينة في سندان الجهاز في اختبار تشارلي للصدم عن طريقة التثبيت في اختبار أيزود للصدم، وبعد التثبيت يصفر المؤشر الموجود بالقرص المدرج ثم يسمح لذراع المطرقة بالحركة.

شكل رقم ٦٨: جهاز اختبار الصدم

## القوانين الأساسية

**طاقة الصدم:**

وهي الطاقة اللازمة لتصديع أو كسر العينة. ولحساب طاقة الصدم سنقوم بإهمال الفقد في الطاقة الذي ينتج من الأسباب التالية:

١. مقاومة الهواء للبندول نتيجة حركته من أعلى لأسفل.
٢. مقاومة احتكاك المؤشر أثناء حركته لإعطاء قراءة القياس.
٣. الاحتكاك الموجود في وصلات الدوران (رولمان البلى) لحركة البندول.
٤. وبذلك تكون قيمة الطاقة الممتصة في كسر العينة "طاقة الصدم" هي الفرق بين الطاقة الابتدائية في البندول قبل الكسر وطاقته بعد الكسر. كما هو موضح في العلاقة التالية؛

$$W = E_1 - E_2$$

٥. طاقة الوضع في البندول في الحالة الابتدائية = m ×g × Ho
٦. طاقة الوضع في البندول بعد الكسر =m ×g × H
٧. وبالتعويض في المعادلة التالية تصبح طاقة التصادم تساوى؛

$$W = m \times g \times H_o - m \times g \times H = m \times g \times (H_o - H)$$

وتكون وحدة طاقة التصادم هي "N.m =Joule"

**حيث أن:**

- E1: الطاقة الابتدائية للبندول.
- E2: طاقة البندول بعد الكسر.
- W: مقاومة الصدم (طاقة تصديع العينة)
- $H_o$: ارتفاع مركز ثقل البندول في الحالة الابتدائية
- H: ارتفاع مركز ثقل البندول بعد الكسر
- m : هي كتلة البندول بوحدة "Kg" ؛
- g: عجلة جاذبية الكرة الأرضية تساوى "9.81 m/s2 "

## العوامل التي تؤثر نتائج اختبار الصدم

**١- سرعة الصدم:**

يجب العلم بأن هناك سرعة حرجة لصدم العينة بمطرقة البندول بحيث أنه عند بلوغ هذه السرعة تتناقص مقاومة الصدم سريعا وتختلف هذه الظاهرة من مادة لأخرى حيث أنه في حالة الصلب الملدن "الذي يخضع

لعملية تخمير" تكون السرعة الحرجة أعلى عنه في حالة الصلب الذي يخضع لعملية تقسية "الصلب المصلد". ولكن يجب التنويه على أن أغلب ماكينات اختبار الصدم من "أيزود" و"تشارلى" تعمل بسرعة أقل من هذه السرعة الحرجة.

**٢- حجم وشكل العينة:**

أثبتت التجارب أن حجم وشكل العينة لهما تأثيرا ملحوظا على النتائج التي نحصل عليها من الاختبار. وأهم المؤثرات في حجم وشكل العينة

**٣- عرض العينة:**

حيث أن إذا نقص عرض العينة المختبرة إلى ربع العرض القياسي في درجة حرارة الغرفة العادية فإن مقاومة العينة للصدم تتناسب مع قيمة المقاومة للعرض القياسي، بينما إذا أجريت التجربة خلال درجات حرارة منخفضة فقد وجد أن العينات ذات العرض الأقل تعطى مقاومة للصدم تصل إلى ثلاث مرات مقاومة الصدم لعينة قياسية.

**٤- شكل الحز/النقر في سطح العينة:**

أظهرت التجارب والاختبارات أن شكل الحز له تأثيره على النتائج حيث أن زاوية الحز يصبح لها تأثير إذا تعدت 60° إذ أن طاقة التصادم تزداد زيادة ملحوظة. ومن أجل هذا أوصت المواصفات القياسية أن تكون زاوية الحز/النقر 45° كما ذكرنا سابقا ويتضح ذلك في جدول رقم ٢٢.

| زاوية النقر [ ° ] | شكل العينة | قيمة تشاربي للصدم [ J ] |
|---|---|---|
| 0 | | 30.0 |
| 30 | | 33.1 |
| 60 | | 31.3 |
| 90 | | 35.1 |
| 120 | | 56.7 |
| 150 | | 89.8 |
| 180 | | 85.6 |

جدول رقم ٢٢: تأثير زاوية النقر على مقاومة الصدم لعينة من الصلب الطري ذات عمق نقر قدره 5 mm ونصف قطر الجذر 0.67.

**٥- حدة جذر الحز/النقر:**

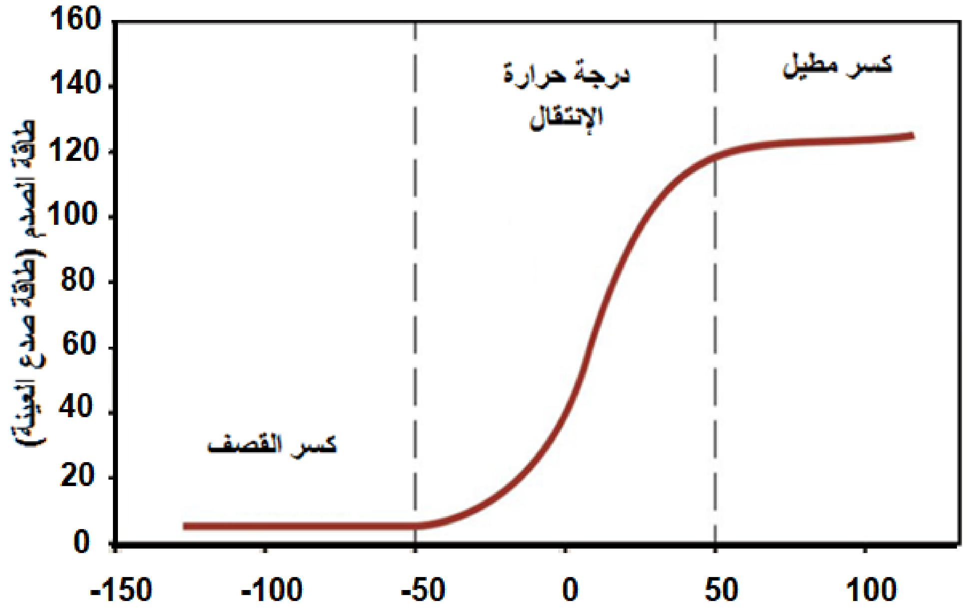
أثبت الاختبارات أيضا أن حدة جذر الحز/النقر لها تأثير ملحوظ على طاقة تصدع العينة نتيجة تركيز الإجهادات حيث كلما كان النقر حادا كانت قيمة تشاربي للصدم أقل ولذلك تم تحديد قطر جذر النقر بمقاييس على حسب المادة المختبرة. ويوضح جدول رقم ٢٣ تأثير نصف قطر جذر النقر على قيمة تشاربي للصدم.

| نصف قطر جذر النقر (mm) | قيمة تشاربي للصدم (J) |
|---|---|
| حـــاد | 5.4 |
| 0.17 | 9.5 |
| 0.34 | 11.3 |
| 0.68 | 18.6 |

جدول رقم ٢٣: تأثير نصف قطر جذر النقر على قيمة تشاربي للصدم.

**٦- درجة الحرارة:**

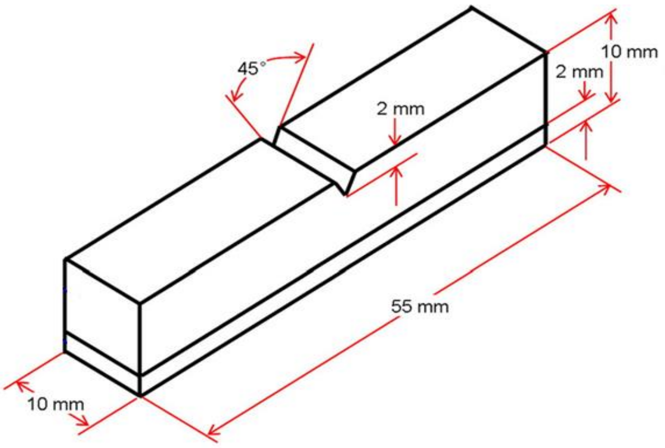
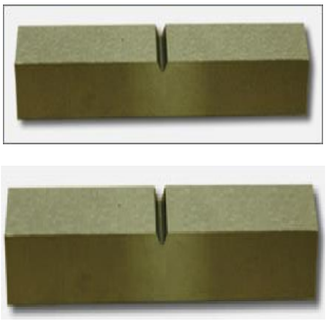
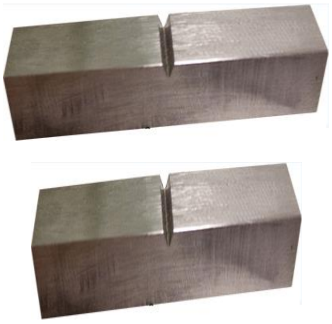
- يوجد تأثير واضح لدرجة الحرارة على مقاومة الصدم للعينات ذات الحز/النقر حيث يوضح شكل رقم ٦٩ بصورة عامة طبيعة تغير الطاقة المتسببة لصدع العينة في اختبار الصدم بدلالة التغير في درجة الحرارة.
- حيث أنه بالنسبة لمادة ما، أثناء اختبار معين وتحت درجة حرارة حرجة يكون الكسر قصفا مع نقص في مقدار الطاقة المفقودة. بينما في درجة حرارة أعلى من الحرجة يكون الكسر مطيلا وقد تكون الطاقة الممتصة أكبر عدة مرات من طاقة الكسر القصف. وبين هذه الحدود من درجة الحرارة يكون مدى درجة حرارة انتقالي حيث يكون الكسر مختلطا.




شكل رقم ٦٩: تأثير تغير درجة الحرارة على طاقة الكسر في اختبار الصدم للصلب الطري.

## العينات القياسية في اختبار تشاربي

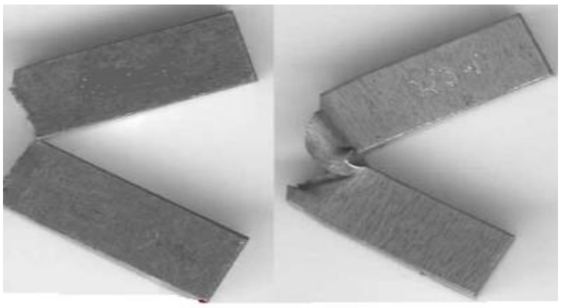
العينات القياسية المستخدمة في اختبار تشاربي للصدم تكون عبارة عن متوازي أضلاع أبعاده هي 55×10×10 mm وله حز/نقر في منتصف طول متوازي الأضلاع. ويوضح شكل رقم ٧٠ صور لعينات تشاربي القياسية من الحديد الطري والنحاس الأصفر والحديد الزهر مع توضيح الأبعاد القياسية

| العينات المستخدمة في اختبار تشاربي للصدم | | |
|---|---|---|
|   | | |
| |  |  |
| عينات تشاربي القياسية من الصلب الطري | عينات تشاربي القياسية من النحاس الأصفر | عينات تشاربي القياسية من الحديد الزهر |

شكل رقم ٧٠: العينات المستخدمة في اختبار تشاربي للصدم

## شكل الكسر للعينات:

أثناء اختبار "تشاربي" للصدم يوضح شكل كسر العينة مدى خاصية المطيلية أو القصافة للمعدن المختبر حيث أن في حالة المعادن القصفة تنكسر العينة عند الحز وتكون مساحة الكسر مسطحة وعمودية على المحور الطولي للعينة. بينما في حالة المعادن المطيلة فتثنى العينة عند الكسر وغالبا لا تنفصل أو تنقسم العينة إلى جزئيين. ويوضح شكل رقم ٧١ شكل كسر العينة في كلا من المعادن القصفة والمطيلة.




شكل رقم ٧١: شكل الكسر للعينات في اختبار الصدم

## خطوات تنفيذ التدريب

**الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار تشاربي للصدم**

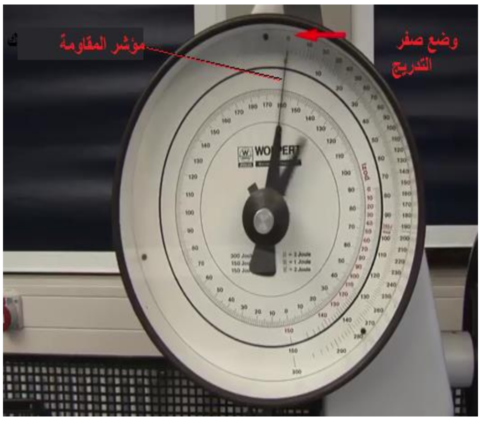
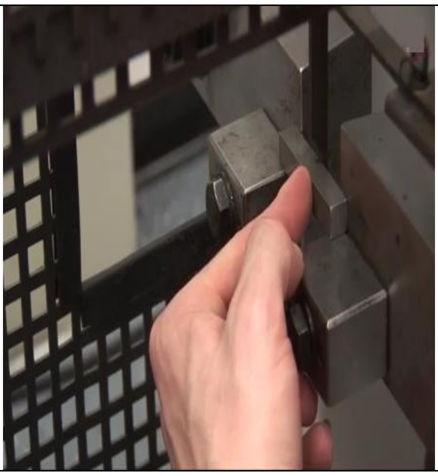
١. التأكد من عدم وجود أحد بالقرب من اتجاه حركة المطرقة قبل بدء الاختبار.

٢. عدم الاقتراب من الجهاز قبل أن تتوقف المطرقة عن الحركة.

٣. يتأكد الطالب من أن لا شيء موجود في نطاق حركة ذراع المطرقة سوى العينة حتى لا يصطدم به أثناء الاختبار.

**خطوات التجربة**

| | |
|---|---|
| | |
| ١. استخدام عجلة اليد لرفع ذراع المطرقة حتى وضع البدء | |
| | |
| ٢. لف مؤشر المقاومة لأسفل حتى نهاية تدريج القرص | ٣. اطلق ذراع المطرقة ليدور بواسطة ذراع التحكم |

| | |
|---|---|
|   | |
| ٤. تأكد أن مؤشر المقاومة قد توقف عند صفر التدريج وهذا يعنى أنه تم تلافى أو إلغاء مقاومة الاحتكاك وأن الماكينة الأن مستعدة للاختبار | ٥. احضر عينة من الصلب الطري لتبدأ بها الاختبار |
| |  |
| ٦. تثبيت العينة بالجهاز | ٧. ثبت العينة بسندان الجهاز بحيث تتأكد من أن حز العينة في منتصف المسافة بين فكي سندان الجهاز |

| | |
|---|---|
| | |
| ٨. لف مؤشر المقاومة لأسفل مرة أخرى حتى نهاية تدريج المؤشر | ٩. اطلق ذراع المطرقة ليتحرك بواسطة ذراع التحكم ليبدأ الاختبار |
| | |
| ١٠. قم بقراء قيمة الطاقة بالجول التي يعطيها مؤشر المقاومة على القرص المدرج وسجلها بجدول النتائج لمقارنتها بقيم مقاومة العينات الأخرى | ١١. لاحظ العينة ستنجد أنها لم تنقسم بالكامل إلى قطعتين لأنها مصنوعة من معدن مطيل |

١٢. احسب طاقة الصدم لكل عينة (عينة مطيلية، نصف مطيلية و صلدة) من المعادلة الأتية

$$\text{مقاومة الصدم للمعدن} = \frac{\text{الطاقة المبذولة لكسر قطعة الإختبار}}{\text{مساحة المقطع عند الحز}}$$

١٣. قارن قيم طاقة الصدم وشكل الكسر الموجود في كل عينة وقارن النتائج التي حصلت عليها مع زملائك ثم سجل استنتاجاتك وملاحظاتك بجدول المشاهدات مركزا على اختلاف قيمة طاقة الصدم وشكل الكسر.

## تسجيل النواتج

سجل النتائج التي حصلت عليها من مؤشر المقاومة الموجود بالقرص المدرج للجهاز بالجدول التالي:

| نوع معدن العينة | مقاس الحز | مساحة المقطع عند الحز $m^2$ | درجة حرارة قطعة الاختبار | الطاقة القصوى للماكينة (جول) | الطاقة المبذولة لكسر العينة (قيمة تشاربي) (جول) |
|---|---|---|---|---|---|
| الحديد الطري | | | | | |
| نحاس أصفر | | | | | |
| الحديد الزهر | | | | | |

جدول رقم ٢٤

## المشاهدات

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان و السلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس قيمة الطاقة التي يعطيها مؤشر المقاومة على القرص المدرج | | | |
| ٦ | يحسب مقاومة الصدم للمعدن | | | |
| ٧ | يقيس الحز بشكل سليم | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية | | | |

جدول رقم ٢٥

## توقيع المدرب

الاسم:............................. التوقيع:.......................... التاريخ:..........................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات تم إجراء اختبار الصلادة لها سابقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة Brittle).
- ما هي الأهمية الهندسية من معرفة إجهاد الصدم؟

# اختبار الالتواء Torsion test

| تدريب رقم | ٦ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- دراسة الخواص الميكانيكية للمواد تحت تأثير عزم الالتواء (اللي).
- رسم منحني إجهاد القص (τ) وانفعال القص (γ)
- تحديد معامل الجساءه (G) من المنحنى وهو المعامل المرادف لمعامل المرونة (E) في اختبار الشد
  تحديد إجهاد حد المرونة في التواء القص.
- تحديد معامل الرجوعية في الالتواء والمقاومة القصوى لقص الالتواء.
- رسم البياني للحمل والزاوية (أي بين عزم الالتواء $M_t$ وزاوية الالتواء θ)
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من الاختبارات

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الالتواء قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| ماكينة اختبار الالتواء | عينات اختبار مطيلة (الصلب الطري) ونصف مطيلة (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر) | ١/نوع |
| قدمة ذات ورنية | | |
| مفتاح عزم | | |

جدول رقم ٢٦

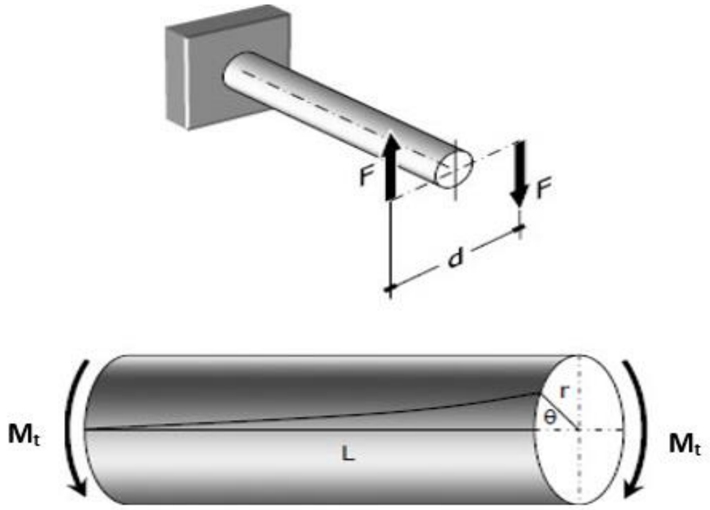
## المعارف المرتبطة بالتدريب

توجد عملية الالتواء في كثير من التطبيقات في حياتنا اليومية فعلى سبيل المثال لا الحصر؛ تشغيل وقطع المشغولات الدائرية على ظرف المخرطة، ربط أو فك المسامير وكذلك عملية الدوران في محرك السيارة (عمود الإدارة – Crank Shaft) والأجزاء الدوارة في الماكينات والمنشأة والمحركات الكهربائية والمحركات التوربينية وغيرها ومن ثم يتبين لنا مدى أهمية اختبار الالتواء في مجال التشغيل والتصميم.

فعندما تؤثر قوى على جسم بحيث تكون هذه القوى في مستوى عمودي على محور ذلك الجسم بشكل متوازي ومتعاكس يتولد نتيجة ذلك عزم (عزوم) يسبب اللي (Twist) حول المحور الطولي للجسم ويقال أن هذا الجسم معرض للالتواء (Torsion).

كما يمكن أن يحدث الالتواء إذا تعرض المقطع المستعرض لعمود أو قضيب إلى عزم التواء (**$M_t$**) وهو عزم يقع في نفس مستوى المقطع (أو موازي لمستوى القطاع) كما هو موضح في شكل رقم ٧٢. ويحسب هذا العزم من العلاقة التالية.

$$M_t = F \times d$$




شكل رقم ٧٢: عملية الالتواء.

### اختبار قص الالتواء:

المواصفات القياسية لا تنص على إجراء اختبار الالتواء كاختبار قبول للمعادن إلا في حالات محددة وخاصة. وهذا لا يقلل أبدا من أهمية اختبار الالتواء فهو اختبار هام يجرى معمليا لبيان الخواص الميكانيكية للمواد في القص لأن الالتواء هو حالة قص خالص (Pure Shear). كما أن اختبار الالتواء يجرى أيضا لمعرفة مدى مقاومة أجزاء الماكينات تحت تأثير الالتواء. ويستخدم اختبار الالتواء أيضا لدراسة تأثير عمليات المعاملة الحرارية وخاصة الأجزاء المعرضة للعمليات التي تؤثر كثيرا على المعدن قرب السطح. ويتم اختبار المعدن بكامل مقاسه الطبيعي كما في حالة محور عجلات المركبات.

**مخرجات اختبار الالتواء:**

يتم عمل اختبار الالتواء للعديد من عينات المعادن المختلفة للحصول على مخرجات اختبار الالتواء وهي الخواص الميكانيكية في الالتواء

وبالتالي يكون من المعلومات التي نستطيع الحصول عليها من اختبار الالتواء؛

١. معيار الجساءة (معامل مرونة القص).
٢. مقاومة خضوع القص.
٣. مقاومة القص الظاهرية (معامل الكسر).

ويتم استخدام هذه البيانات والنتائج لحساب وتوضيح الخصائص الميكانيكية في القص (مخرجات الاختبار) للمعدن المختبر

## القوانين الأساسية

**المقاومة المرنة للقص:**

يرمز لإجهاد القص المرن لجميع المعادن ب ($\tau_e$) ويتم حسابه من العلاقة التالية ؛

$$\tau_e = \frac{16 \times M_{te}}{\pi \times d^3}$$

**المقاومة القصوى لقص الالتواء Ultimate Torsional Shear Strength $\tau_{max}$**

نظرا لأن تعيين قيمة إجهاد قص الالتواء معقد حسابيا ولتسهيل الحصول على النتائج المعملية بسرعة فقد عملت معادلات نتيجة اختبارات معملية لتكون بنفس صورة معادلة إجهاد القص المرن. ولا تستند هذه المعادلات على أسس نظرية كالقص المرن وإنما على أسس نتائج معملية وهي كما يلي؛

- بالنسبة للمواد المطيلة تكون العلاقة كالتالي؛

$$\tau_{max} = \frac{12 \times M_t}{\pi \times d^3} = \frac{12 \times M_2}{\pi \times d^3}$$

- بالنسبة للمواد القصفة؛

$$\tau_{max} = \frac{14 \times M_t}{\pi \times d^3} = \frac{14 \times M_3}{\pi \times d^3}$$

**معامل الجساءة Modulus of rigidity "G":**

- يعبر معامل الجساءة G عن صلابة المعدن، أي مقاومته للتشكل بتأثير القص فكلما زادت قيمته كلما زادت صلابة المعدن.
- قيمة ال G = إجهاد القص/ انفعال القص في حدود المرونة. ويتم حساب قيمة ال G من العلاقة التالية:

$$G = \frac{M_t \times L}{\theta \times J}$$

**حيث أن:**

- d: قطر العينة الخاضعة للاختبار
- L و J: هما أعداد ثابتة تعبر عن طول العينة و أبعاد مقطعها
- ɵ: زاوية الالتواء (يراعى أن توضع قيمة في المعادلة بالتقدير الدائري).
- $M_{te}$: عزم الالتواء عند حد المرونة كما في جدول رقم ٢٧ حيث فيه $M_{te}=M_1$
- $\tau_{max}$: المقاومة القصوى لقص الالتواء Ultimate Torsional Shear Strength

**المطيلية Ductility:**

تتم مقارنة ممطوليه المعادن عن طريق اختبار الالتواء بواسطة زاوية الالتواء القصوى $\theta_{max}$ فكلما كانت ذات قيمة كبيرة كلما كان المعدن أكثر ممطوليه حيث أن المواد المطيلة لها قدرة على الالتواء الكبير قبل الكسر في حين أن المواد القصفة تنكسر بتأثير الالتواء بزاوية التواء صغيرة نسبيا.

**الرجوعية Resilience:**

يتم تعيين الرجوعية في الالتواء (Resilience in Torsion) من قيمة الطاقة التي قام بها الحمل المؤثر (حتى أقصى حمل مرن) عند مسار مسافة التشكل الحادث بالجسم ويساوى الحمل مضروبا في التشكل، حيث أن في حدود المرونة تصبح الرجوعية؛

الرجوعية = مساحة المثلث تحت الخط المستقيم بالمنحنى البياني للحمل والتشكل حتى حدود المرونة كما في جدول رقم ٢٧.

$$\text{الرجوعية} = \sum M_t \times \theta = Resilience$$

$$\text{الرجوعية} = \frac{1}{2} \times M_t \times \theta = Resilience$$

ويتم حساب معامل الرجوعية كالاتي؛

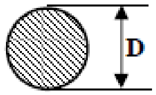
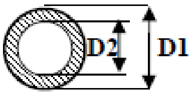
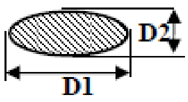
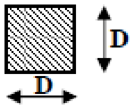
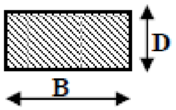
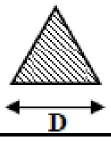
معامل الرجوعية "Modulus of Resilience" = الرجوعية / حجم العينة المختبرة.

$$\text{Modulus of Resilience} = \frac{\frac{1}{2} \times M_t \times \theta}{\text{حجم العينة}}$$

**المتانة Toughness:**

المتانة في الالتواء Toughness in Torsion هي عبارة عن مقدار أو قيمة طاقة الالتواء التي تم بذلها لكسر العينة الخاضعة للاختبار وهي تساوى المساحة الكلية تحت المنحنى البياني للحمل والتشكل.

نلاحظ أن كل العلاقات والحسابات السابقة تمت على أساس أن المقطع المستعرض للالتواء مستدير ولكن إذا كان المقطع له شكل مختلف كالمستدير الأجوف أو المربع أو المستطيل أو غيره من الأشكال الهندسية المختلفة، فحساب إجهاد الالتواء يتم حسب العلاقات الموجودة في جدول رقم ٢٧. مع مراعاة أن الرمز (T) هو نفسه عزم الالتواء ($M_t$) وأن الرمز (D) هو نفسه (d) قطر العينة.

| المقطع المستعرض | زاوية الالتواء θ | إجهاد قص الالتواء الأقصى $q_{max}$ |
|---|---|---|
| دائرى   | $\theta = \frac{32}{\pi D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = \frac{16.T}{\pi D^3}$ |
| دائرى مجوف   | $\theta = \frac{32}{\pi (D_1^4 - D_2^4)} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = \frac{16.D_1.T}{\pi(D_1^4 - D_2^4)}$ |
| قطع ناقص   | $\theta = \frac{16(D_1^2 + D_2^2)}{\pi D_1^3 . D_2^3} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = \frac{16.T}{\pi D_1^3 . D_2^3}$ |
| مربع   | $\theta = \frac{7.11}{D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = \frac{4.8 .T}{D^3}$ |
| مستطيل $B > D$ $B < 6D$   | $\theta = \frac{40}{B^2 D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = (3+\frac{1.8D}{D^3}) \cdot \frac{T}{B.D^2}$ |
| مثلث متساوى الأضلاع   | $\theta = \frac{40}{D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$ | $q_{max} = \frac{20T}{D^3}$ |

جدول رقم ٢٧: العلاقات الخاصة بحساب إجهاد الالتواء الأقصى وزاوية الالتواء لبعض المقاطع المستعرضة

## حالات عزم الالتواء:

توجد حالات مختلفة أو متنوعة من عزوم الالتواء:

عزم التواء يقوم بالتأثير على طرف حر لقضيب حر من أحد أطرافه أما طرفه الأخر فهو مثبت على شكل كابولي.

١. أن يكون هناك عزمي التواء مختلفين في المقدار ولكن لهما نفس اتجاه الدوران وفى هذه الحالة تكون قيمة عزم الالتواء المؤثرة الخالصة هي الفرق الموجب بين العزمين المؤثرين.
٢. وجود عزمي التواء متساويين في المقدار أحدهما عكس الأخر من حيث اتجاه التأثير.
٣. أن يتم تعريض العينة لقوتين متوازيتين ومتعاكستين في الاتجاه ولهما نفس المقدار وتبعد إحداهما عن الأخرى مسافة معينة بحيث تقع كليهما في نفس مستوى المقطع المستعرض.
٤. أن تكون هناك قوة لا مركزية تؤثر على مستوى المقطع المستعرض للعينة وتبعد عن مركز المقطع مسافة معينة.

## شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

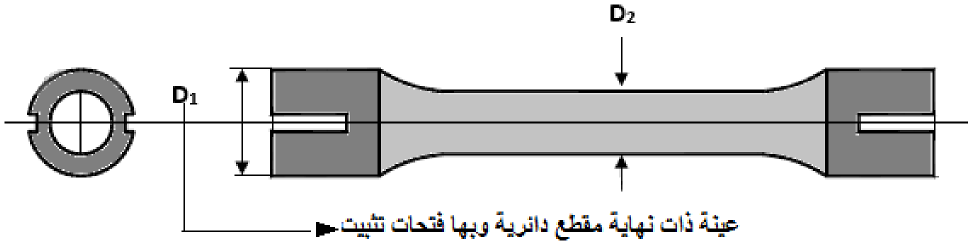
يتم تنفيذ اختبار الالتواء على ماكينة خاصة بالالتواء، وتمتاز ماكينات الالتواء بأن لها فكين تثبيت يتم تثبيت عينة الاختبار بينهما. وهذين الفكين أحدهما يتحرك حركة دائرية مسببا عزم الالتواء بعينة الاختبار أما الفك الثاني فهو مزود بثقل بندولى لموازنة عزم الالتواء المذكور (هناك ماكينات تستخدم طرق أخرى لموازنة عزم الالتواء). كما يوجد بالماكينة مقياس مدرج أو شاشة رقيمة لبيان قيمة عزم الالتواء المؤثر به وأيضا مقياس أو شاشة رقمية لبيان الالتواء. ويوضح شكل رقم ٧٣ ماكينة اختبار الالتواء.

شكل رقم ٧٣: ماكينة اختبار الالتواء.

## العينات المستخدمة في اختبار عزم الالتواء:

- بالنسبة للعينات المستخدمة في اختبار الالتواء فلا توجد مواصفات قياسية محددة أو خاصة لشكل وأبعاد عينة اختبار الالتواء، ولكن غالبا ما تكون العينة أسطوانية الشكل أي أن مقطعها دائري الشكل.
- ويجب أن نأخذ في اعتبارنا أن يكون قطر نهايتي العينة ($D_1$) المركبان في فكي ماكينة الاختبار أكبر من قطر مقطع عينة الاختبار ($D_2$) وذلك لضمان عدم حدوث كسر أو انهيار عند إحدى النهايتين وأن يحدث الكسر في جسم العينة المختبرة حتى نضمن صحة نتائج الاختبار.

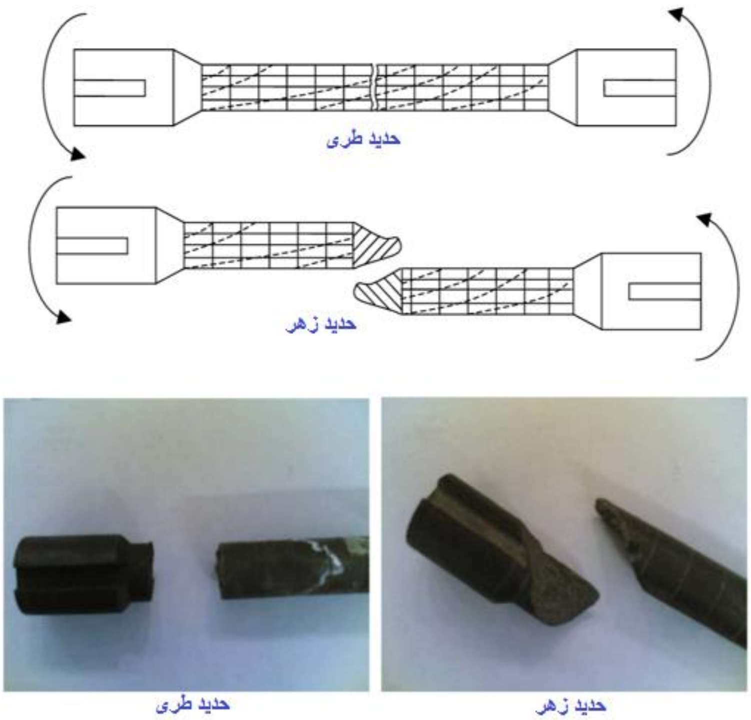
- كما يجب مراعاة أن تكون هناك تجاويف بكلا من نهايتي العينة حتى يسهل تركيبها بفكي ماكينة الاختبار لترتكز عليهما العينة وغالبا ما يكون مقطع نهايات عينات اختبار الالتواء سداسي الشكل ليسهل تثبيته بين فكي ماكينة الاختبار.

| العينات المستخدمة في اختبار الالتواء | | |
|---|---|---|
|   | | |
| | | |
| عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من الصلب الطري. | عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من النحاس الأصفر. | عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من الحديد الزهر الرمادي. |

شكل رقم ٧٤: العينات التي سيستخدمها الطالب في اختبار الالتواء

## شكل الكسر في العينات المختبرة في الالتواء:

- يحدث الكسر في حالة اختبار قص الالتواء للمعادن المطيلة في مستوى عمودي على محور العينة أي على مستوى موازي للمقطع المستعرض، كما في شكل رقم ٧٥. وذلك نتيجة تأثير قص الالتواء. لأن المعادن المطيلة ضعيفة في إجهاد القص عنها في حالة إجهاد الشد أو حتى إجهاد الضغط أي أن إجهاد القص هو المتحكم في مدى مقاومة هذه المعادن للكسر.
- بينما في حالة المعادن القصفة يحدث كسرها أثناء اختبار قص الالتواء على شكل حلزوني ناتج من كسرها على مستويات تماس سطحها وتعمل ٤٥° مع محور العينة الخاضعة للاختبار، كما في شكل رقم ٧٥. ويحدث هذا الكسر نتيجة تأثير إجهاد الشد الضلعي القطري حيث أن من خصائص المعادن القصفة أنها تكون ضعيفة في إجهاد الشد عنها في إجهاد القص أو إجهاد الضغط ولذلك إجهاد الشد هو الذي يتحكم في مدى مقاومة هذه المعادن للكسر.




شكل رقم ٧٥: أشكال كسر عينات من معادن مطيلة ومعادن قصفة في اختبار الالتواء

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد ومراعاة النقاط التالية:
- التأكد من عدم وجود أحد بالقرب من العينة قبل بدء الاختبار.
- عدم الاقتراب من الجهاز قبل أن يتوقف الفكين عن الحركة.

٢. قم بقياس أبعاد العينة وخصوصا قطر المقطع المستعرض (D2) وذلك بالنسبة للعينات مستديرة المقطع.

| | |
|---|---|
| | |
| ٣. ركيب عينة الصلب الطري في الفك الثابت للجهاز | ٤. هز العينة باليد بعد تثبيتها للتأكد من إحكام تثبيتها |

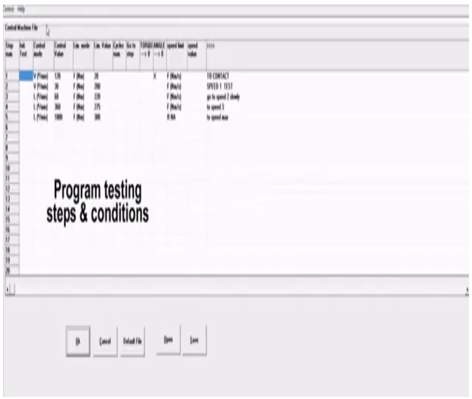
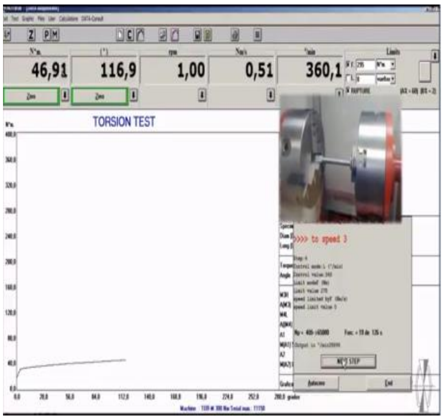
| | |
|---|---|
| | |
| ٥. حريك الفك الأخر المتحرك في اتجاه الطرف الحر للعينة | ٦. استخدام مفتاح العزم لإحكام ربط الفك المتحرك للعينة |
| | |
| ٧. اربط الفك الثابت | ٨. اربط مفتاح إحكام الوضع الأفقي لتقليل الاهتزاز أثناء إجراء التجربة |
| | |
| ٩. اغلق باب الحماية قبل التشغيل | ١٠. شغل الماكينة مع مراعاة زيادة سرعة الدوران تدريجيا وببطيء حتى تحصل على عزم دوران ابتدائي قريب من الصفر |

جدول رقم ٢٨

١١. قم بزيادة عزم الالتواء (Mt) تدريجيا بعد تثبيت العينة بفكي ماكينة الاختبار ابتداء من الصفر إلى أن تنكسر العينة

١٢. سجل القيم التدريجية لعزم الالتواء وزاوية الالتواء (ɵ)المقابلة لها بجدول النتائج.

١٣. استمر في عمل الزيادة التدريجية لعزم الالتواء حتى تنكسر العينة .

| | |
|---|---|
|  |  |
| ١٤. شغل البرنامج الخاص بالماكينة لمراقبة وتسجيل سلوك العينة أثناء الاختبار | ١٥. لاحظ قيام البرنامج برسم علاقة بين العزم وزاوية الالتواء في جسم العينة أثناء الاختبار |

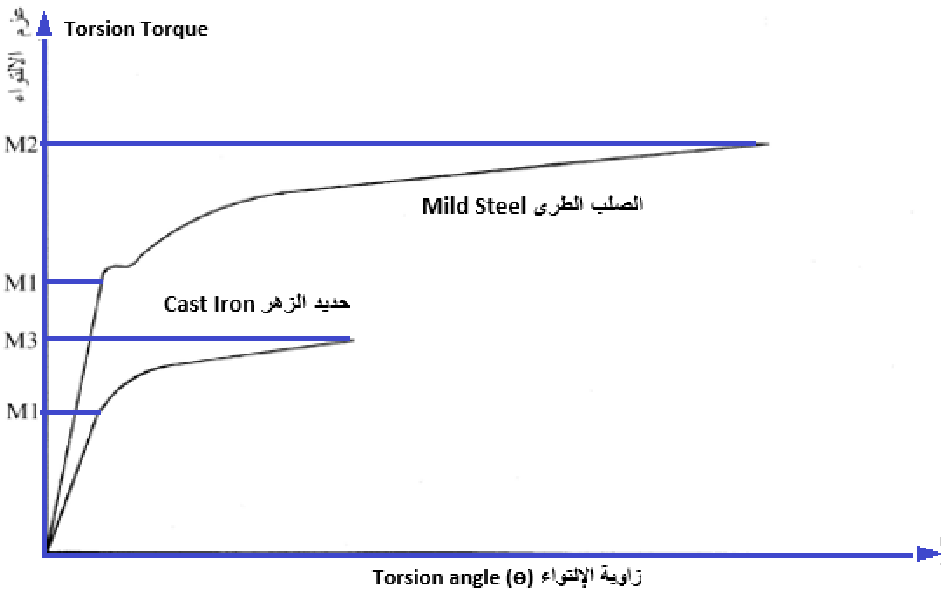
جدول رقم ٢٩

١٦. استخدم هذه البيانات لعمل الرسم البياني للحمل والتشكيل (أي بين عزم الالتواء"Mt " وزاوية الالتواء"ɵ " كما هو موضح في شكل رقم ٧٦.

١٧. انزع عينة الاختبار بعد الكسر مع ملاحظة شكل الكسر وتسجيل الملاحظات في جدول المشاهدات

١٨. كرر الخطوات من ١: ١٥ بالنسبة لكلا من عينات النحاس الأصفر (عينة نصف مطيلية) والحديد الزهر (عينة قصفه) وسجل النتائج في جدول النتائج.

١٩. ارسم المنحنى الخاص بالحمل والتشكل لكل عينة من العينات الثلاث بين زوايا الالتواء وعزوم الالتواء كالمبين في شكل رقم ٧٦.




شكل رقم ٧٦: الرسم البياني بين الحمل (عزم الالتواء) والتشكيل (زاوية الالتواء).

٢٠. احسب كلا من حد المرونة ومعامل المرونة في القص ومعامل الرجوعية في الالتواء والمقاومة القصوى لكل عينة.

٢١. ناقش الملاحظات الخاصة بمنحنيات العينات الثلاثة وقيم المعاملات المختلفة والمقاومات القصوى لقص الالتواء لكل مادة ولاحظ أشكال الكسر في العينات المختلفة ثم دون الاستنتاجات والمشاهدات حول الفرق بين سلوك هذه المعادن المختلفة تحت تأثير عزوم الالتواء.

## تسجيل النواتج

يقوم الطالب بملىء البيانات الموجودة بالجدول التالي:

| المادة | الخاصية | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الصلب الطري | عزم الالتواء (Kg.m) | | | | | | | | |
| | درجة زاوية الالتواء° | | | | | | | | |
| النحاس الأصفر | عزم الالتواء (Kg.m) | | | | | | | | |
| | درجة زاوية الالتواء° | | | | | | | | |
| الحديد الزهر | عزم الالتواء (Kg.m) | | | | | | | | |
| | درجة زاوية الالتواء° | | | | | | | | |

جدول رقم ٣٠

شكل رقم ٧٧

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الاتي:

## المشاهدات

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس عزم الالتواء بدقة | | | |
| ٦ | يقيس زاوية الالتواء بدقة | | | |
| ٧ | يحسب معامل الجساءة | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية | | | |

جدول رقم ٣١

## توقيع المدرب

الاسم:........................... التوقيع:............................ التاريخ:.............................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من ثلاثة عينات لها خصائص مختلفة تم عمل اختبار الالتواء لها سابقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة Brittle).

# اختبار القص Shear test

| تدريب رقم | ٧ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- معرفة الخواص الميكانيكية للمواد تحت تأثير حمل القص.
- تحديد إجهاد القص (Shear Stress) في المسمار Screw أو البرشام Rivet.
- تحديد اعلى قيمة الإجهاد الإسناد (Bearing Stress) المؤثر على حافة التلامس بين الشوكة والعينة.
- عمل الرسم البياني للحمل والإزاحة (أي بين قوة القص F وإزاحة القص )δ()
- معرفة قيمة إجهاد القص الأعظم الذي تتحمله المادة الخاضعة للفحص $\tau_{max}$
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من اختبارات المواد المختلفة.

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار القص قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

## متطلبات التدريب

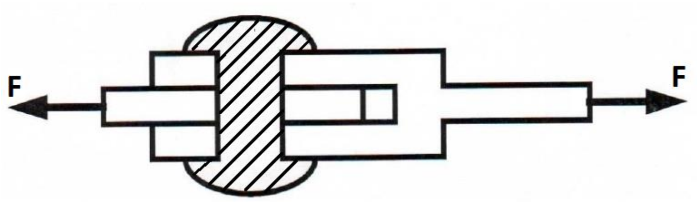
| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| ماكينة اختبار القص. | عينات اختبار مطيلة (الصلب الطري) ونصف مطيلة (النحاس الأصفر). | ١/نوع |
| قدمة ذات ورنية. | | |
| مفتاح عزم لربط. | | |

جدول رقم ٣٢

## المعارف المرتبطة بالتدريب

إذا أثرت في المقطع العرضي للعينه قوة تؤثر بصورة موازية لمساحة المقطع العرضي، وكانت القوى الداخلية الأخرى تساوي صفر، فان حالة إجهاد العينة هذه تسمى اجهاد القص. جهد القص يعمل بموازاة المساحة. وبالنسبة لاختبار المواد فان اختبار القص المباشر (Direct shear) تحظى باهتمام كبير

بالنسبة للعينات المستخدمة في اختبار القص ليس توجد مواصفات قياسية محددة، ولكن غالبا ما تكون العينة وصلة أحادية أو وصلة ثنائية حيث يمكن أن تجرى التجربة على البرشام الذي يربط جزأين أو أكثر.




شكل رقم ٧٨: صورة عينة اختبار القص

ويمكن إجرائها على أي عينه أخرى مثبتة بمسمار وهذا ما سنجريه في تجربتنا هذه.

**مخرجات اختبار القص:**

يتم عمل اختبار القص للعديد من عينات المعادن المختلفة للحصول على الخواص الميكانيكية في اختبار القص، ويتم ذلك بقياس قطر مقطع المستعرض (D) للمسمار أو البرشام مستديرة المقطع.

وبالتالي يكون من المعلومات التي نستطيع الحصول عليها من اختبار القص؛ معرفة قيمة إجهاد القص الأعظم الذي تتحمله المادة الخاضعة للفحص $\tau_{max}$

**شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:**

جهاز اختبار القص هو نفسه الجهاز العام آنف الذكر في التجربة الشد والانضغاط Universal testing machine.

شكل رقم ٧٩: تركيب عينة على الجهاز العام للتجارب

## القوانين الأساسية

**أولا: حساب إجهاد القص (Shear Stress) في المسمار Screw أو البرشام Rivet**

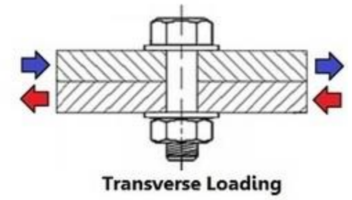
$$\tau_{\max} = \frac{F}{\text{Cross section Area } \text{مساحة مقطع العينة}}$$

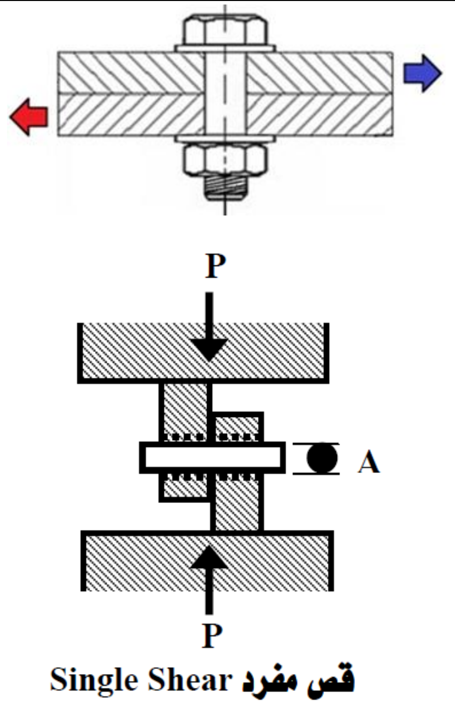
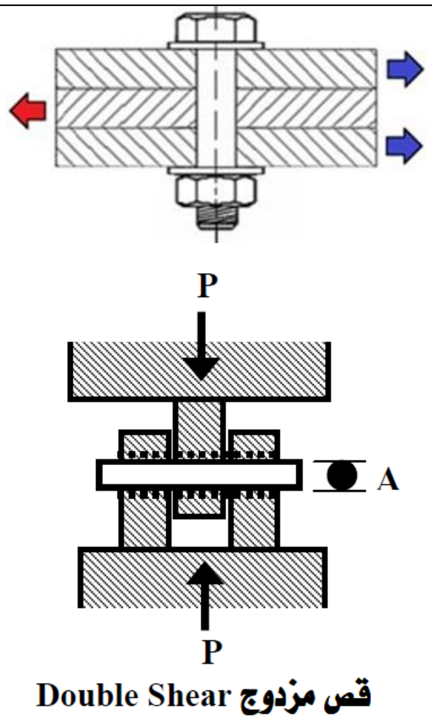
$$A_c = \pi \times \frac{d^2}{4} \quad \text{مساحة المقطع للمسمار أو البرشام}$$

- في حالة كون القص في منطقة واحدة (قص أحادي) المساحة تستخدم المعادلة السابقة كما هي
- في حالة كون القص في منطقتين (قص ثنائي) يتم ضرب المساحة * ٢

**ثانيا: حساب اعلى قيمة الإجهاد الإسناد (Bearing Stress) المؤثر على حافة التلامس بين الشوكة والعينة.**

$$\sigma_b = \frac{F}{\text{Projected Area } \text{مسقط المساحة}}$$




| | |
|---|---|
|   |   |
| وصلة تتعرض لقص أحادي Single Shear | وصلة تتعرض لقص ثنائي Double Shear |

شكل رقم ٨٠: وصلات القص التي يمكن استخدامها على اختبار القص

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد ومراعاة النقاط التالية:
- التأكد من عدم وجود أحد بالقرب من العينة قبل بدء الاختبار.
- عدم الاقتراب من الجهاز قبل أن يتوقف الفكين عن الحركة.

**خطوات التجربة:**

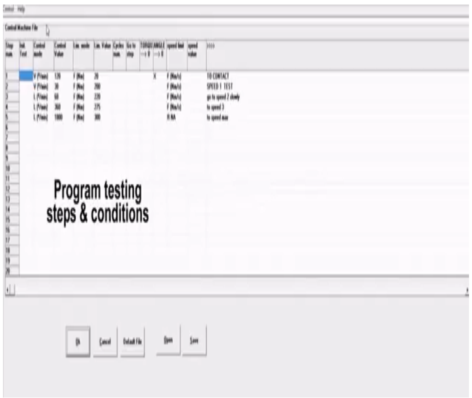
٢. احضر العينة الأولى من الحديد الطري لإجراء اختبار القص (العينة عبارة عن مسمار (D=12mm) مصنوع من الحديد الطري)

٣. قم بقياس قطر العينة المعدنية قبل أجراء الاختبار.

٤. ثبت العينة بين الفكين الخاصين مع ملاحظة تصفير تدرجات مقياس الإزاحة (المسطرة).

٥. قم بزيادة قوة شد (F) بشكل تدريجي على العينة ابتداء من الصفر إلى أن تتكسر العينة وتصل إلى إجهاد القص الذي يسبب كسر العينة.

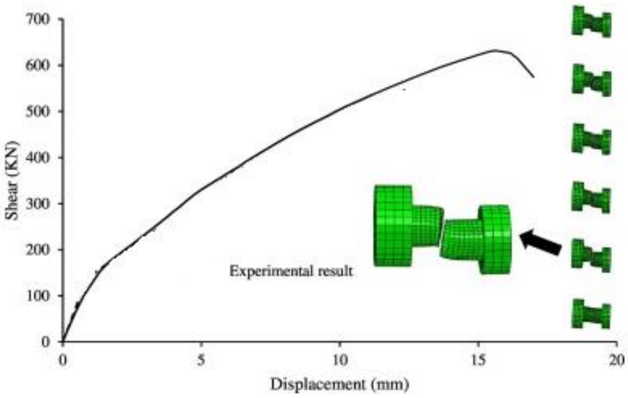
| | |
|---|---|
| | |
| ٦. ركب عينة الصلب الطري في الفك الثابت للجهاز | ٧. هز العينة باليد بعد تثبيتها للتأكد من إحكام تثبيتها |
| | |
| ٨. حرك الفك الأخر المتحرك في اتجاه الطرف الحر للعينة | ٩. استخدام مفتاح العزم لإحكام ربط الفك المتحرك للعينة |

| | |
|---|---|
|  | |
| ١٠. شغل البرنامج الخاص بالماكينة لمراقبة وسجيل سلوك العينة أثناء الاختبار | ١١. شاهدة العينة أثناء تعرضها للقص |

شكل رقم ٨١

١٢. سجل الاستطالة المصاحبة لكل قوة قيمة والحمل المؤثر المسبب للقص في جدول النتائج.

١٣. استخدم هذه البيانات لعمل الرسم البياني للحمل الإزاحة كما هو موضح في شكل رقم ٨٢.




شكل رقم ٨٢: منحنى قوة إجهاد القص مع الإزاحة

١٤. انزع عينة الاختبار بعد الكسر وملاحظة شكل الكسر

١٥. كرر الخطوات من ١: ٩ بالنسبة لعينة النحاس الأصفر.

١٦. ارسم المنحنى الخاص بالحمل والإزاحة لكل عينة من العينات.

١٧. احسب قيمة إجهاد القص الأعظم الذي تتحمله المادة الخاضعة للفحص $\tau max$

١٨. قم بمناقشة الملاحظات الخاصة بالمنحنيات للعينات وقيم اقصى إجهاد قص وملاحظة أشكال الكسر في العينات المختلفة ثم دون الاستنتاجات والمشاهدات حول الفرق بين سلوك هذه المعادن المختلفة تحت تأثير قوى القص.

## تسجيل النواتج

| المادة | الخاصية | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الصلب الطري | قوة القص (Kg.m) | | | | | | | | |
| | الإزاحة (mm) | | | | | | | | |
| النحاس الأصفر | قوة القص (Kg.m) | | | | | | | | |
| | الإزاحة (mm) | | | | | | | | |

جدول رقم ٣٣

شكل رقم ٨٣

## المشاهدات

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

..........................................................................................................

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الاتي:

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يقيس قوى القص والإزاحة أو الاستطالة بدقة | | | |
| ٦ | يرسم المنحنيات بدقة ووضوح | | | |
| ٧ | يحسب اقصى اجهاد قص بشكل سليم | | | |
| ٨ | يقارن النتائج العملية بالنسبة لإجهاد القص مع القيمة الحقيقية (النظرية) بجدول المواصفات للمادة ويبين أسباب الاختلاف. | | | |
| ٩ | يرتب مكان العمل ويعيد الماكينة لحالتها الأصلية | | | |

جدول رقم ٣٤

## توقيع المدرب

الاسم:............................ التوقيع:.......................... التاريخ:..........................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من عينتين لهما خصائص مختلفة تم إجراء اختبار القص عليها مسبقا.

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:**

- التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة (Semi-ductile).
- ما هي الأهمية الهندسية من معرفة اختبار القص؟

# الجزء الثالث: الاختبارات الميكانيكية الغير متلفة

# Mechanical Nondestructive tests

## المقدمة

تشمل الاختبارات الغير متلفة (Nondestructive Test/Inspection) أي فحص أو تقييم يجرى على المكونات والمنتجات الصناعية بغرض اكتشاف وتحديد أماكن العيوب والتشوهات التي تعيق استخدام هذه الأجزاء أو تقلل من كفاءتها بشرط ألا يحدث هذا الفحص أو الاختبار أي تلف أو تغيير في هذه المكونات أو المنتجات الصناعية. ويمكن الاستعانة أيضا بالاختبارات الائتلافية لتحديد أبعاد وخواص الأجزاء المختبرة كمحتوى السبيكة والصلادة وحجم البلورات وغير ذلك.

ويجب التنويه أن الاستخدام الخاطئ أو غير الملائم لهذه الاختبارات الائتلافية قد يسبب نتائج عكسية ممكن أن تكون كارثية كذلك أن الفهم أو التفسير الخاطئ لنتائجها له تأثيراته السلبية على المكون المختبر، لذا فإنه من الضروري أولا اختيار التقنية الملائمة من هذه الاختبارات ثم استخدامها بواسطة شخص مؤهلا تأهيلا كافيا لضمان عدم حدوث أي أخطاء والحصول على النتائج المرجوة من الاختبار. فتأهيل الفني المنفذ للاختبار الائتلافي عامل مهم جدا لأن التجهيزات والمعدات المتطورة والمزودة بأفضل التقنيات والإجراءات لن تجدى نفعا إذا قام بتنفيذ الاختبار شخص غير مؤهل حيث أن العامل الرئيسي في فاعلية الاختبار الائتلافي هو الشخص المنفذ للاختبار ومدى تأهيله.

وتنقسم العيوب التي تقوم الاختبارات الائتلافية باكتشافها إلى ثلاثة أنواع وهي:

١. عيوب ناشئة عن عمليات الإنتاج الأولى للمادة الخام وتسمى بالعيوب المتأصلة.
٢. عيوب تنتج أثناء إجراء عمليات التصنيع المختلفة على المنتج وتسمى بعيوب التصنيع.
٣. عيوب تنتج أثناء خدمة أو دورة تشغيل المنتج أو الماكينة وتسمى بعيوب التشغيل.

وهذه العيوب قد تكون لها صور أو أشكال كثيرة فهي قد تكون عبارة عن شروخ سطحية أو داخلية في المادة وقد تكون تمزق أو ضعف في الترابط الداخلي بين جزيئات المادة ويمكن أن تكون أيضا انعزال أو انفصال للعناصر الكيميائية للسبيكة أثناء تجمدها من الحالة السائلة وقد تكون في صورة ضعف أو نقص التغلغل في اللحام أو في صورة تعب أو كلل للجزء أثناء فترة التشغيل أو غيرها من العيوب التي تؤثر على أداء وكفاءة الأنظمة والتطبيقات الصناعية المختلفة.

## مجالات استخدام الاختبارات الغير ائتلافية

استطاعت الاختبارات الغير متلفة أن تشق طريقها الواسع في ميادين وتطبيقات الفحص والتدقيق في معظم المجالات الصناعية ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

١. **صناعة وتشغيل المعادن:** حيث تستخدم في فحص المنتجات الخام raw products inspection مثل المسبوكات المعدنية والمشغولات بالطرق Forging ومنتجات الدرفلة والمنتجات المسحوبة extrusions كالصفائح والأنابيب وغير ذلك من أجل ضبط جودة المنتجات وضمان جودتها

وتستخدم أيضا فحص العمليات الثانوية مثل التشغيل، اللحام، التجليخ والمعالجة الحرارية.... الخ وفى اختبار الأدوات المعدنية وأجزاء الآلات أثناء مراحل تصنيعها المختلفة.

شكل رقم ٨٤

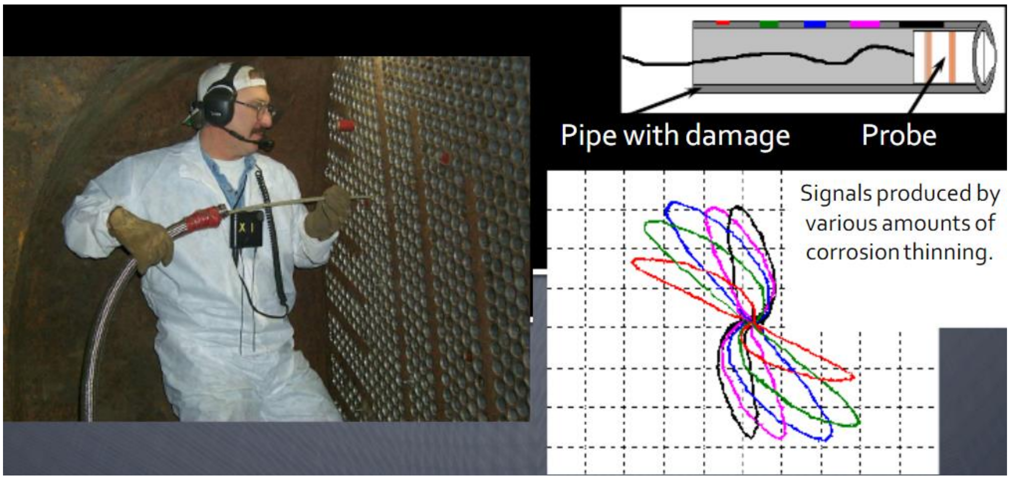
٢. **فحص أجزاء الماكينات والمعدات Inspection for in-service damage** مثل الشروخ cracking والتآكل erosion/wear والتلف الحراري Heat damage... الخ

شكل رقم ٨٥

شكل رقم ٨٦

٣. **مجالات النقل المختلفة:** فتستخدم هذه الاختبارات في اكتشاف أعطال الأجزاء الداخلية للمحركات التوربينية النفاثة والأنظمة الهيدروليكية وغيرها للطائرات ومركبات الفضاء قبل إطلاقها وبعد عودتها وتستخدم أيضا في اختبار عجلات وخطوط السكك الحديدية الخاصة بالقطارات فائقة السرعة.

٤. **مجال المفاعلات النووية:** حيث تستخدم في اختبار حاويات وجدران المفاعلات وأوعية الضغط وأنابيب البخار في مولدات البخار والمغلفات النووية للوقود والوصلات الملحومة في الأماكن المختلفة.




شكل رقم ٨٧

٥. **الصناعات الثقيلة كبناء السفن:** تستخدم في اختبار سلامة الهياكل الفولاذية للسفن واكتشاف العيوب الموجودة في اللحام وأيضا اختبار المواد المستخدمة في تصنيعها.

٦. **الصناعات البترولية والبتروكيميائية:** تستخدم في الفحص الدوري للتأكد من سلامة الأجزاء القريبة من الوصلات اللحامية والأجزاء المعرضة للإجهادات أو للتأكل وتحديد المكونات والمنتجات التي يتوجب إصلاحها أو رفضها.

٧. **البحث العلمي:** حيث دخلت هذه الاختبارات في مجال تحديد البنية الكيميائية للأجسام وتحديد الخواص الفيزيائية للمواد.

## فوائد استخدام الاختبارات الائتلافية:

توجد العديد من الفوائد التي نجنيها من استخدام الاختبارات غير المتلفة في التطبيقات والمجالات المختلفة ومنها:

١. يؤدى استخدام هذه الاختبارات في الفحص الدوري للآلات ومعدات المنشأة الصناعية إلى اكتشاف أماكن وجود الإجهادات الميكانيكية وأماكن التآكل والتصدع فيه قبل التحطم مما يسمح بتحديد نوع الصيانة اللازمة لها وبالتالي إطالة زمن خدمتها وخفض كلفة تشغيلها.

٢. إنقاص الهدر الناتج عن التلف الصناعي وتحقيق الاستخدام الأمثل للمواد مما يؤدى إلى زيادة الإنتاج وتخفيض عملية إعادة التصنيع وخفض التكلفة النهائية للمنتج.

٣. يعد استخدام الأنواع المختلفة من الاختبارات الغير متلفة هو الوسيلة الوحيدة التي أثبتت نجاحها في تقليل معدل وقوع الحوادث الكارثية كحوادث تحطم الطائرات والمركبات الفضائية وحوادث التسرب الإشعاعي في المفاعلات النووية وغيرها...

٤. التأكد من مدى مطابقة المنتجات الصناعية لمعايير الأمان والجودة.

٥. يؤدى الاستخدام الدوري لهذه الاختبارات إلى زيادة الإنتاج عن طريق تجنب التوقف غير المخطط له للمنشأة ومحطات الإنتاج نتيجة الأعطال المختلفة والمفاجئة.

٦. خفض معدل تلوث البيئة حيث تحد هذه الاختبارات من التسرب في المحطات النووية والكيميائية والبتروكيميائية.

## أنواع الاختبارات الائتلافية:

هناك العيد من الأنواع المختلفة للاختبارات الائتلافية ترتكز في مفهومها وطريقة عملها على مبادئ وأسس فيزيائية مختلفة للكشف عن بنية المادة ومواضع وجود الشروخ والتشوهات الداخلية والسطحية فيها والتي لا يمكن كشفها بالعين المجردة. ولكل نوع من هذه الاختبارات مزاياه الخاصة به ولكن خبرة القائم على الاختبار ومعرفته الجيدة بمزايا كل نوع والعيوب المحتمل تواجدها في الجزء أو العينة الخاضعة للاختبار هي المتحكم الرئيسي في اختيار نوع الاختبار الأكثر ملائمة لاختبار هذا الجزء أو العينة.

وأكثر أنواع الاختبارات الائتلافية انتشارا هم:

١. اختبار بطريقة الفحص البصري (Visual Inspection)
٢. اختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة (Penetrant Inspection)
٣. اختبار التسرب (Leak Test)
٤. الاختبار بالطرق الحرارية (Thermal Test)
٥. اختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة (Magnetic Particle Test)
٦. اختبار بطريقة التصوير الشعاعي (Radiography Test)
٧. اختبار بطريقة الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Test)
٨. اختبار بطريقة التيارات الدوامة (Eddy Current Test)
٩. الاختبار بالموجات القصيرة (Microwave Test)

| الاختبار بطريقة الفحص البصرى (Visual Inspection) | | | |
|---|---|---|---|
| تدريب رقم | ٨ | الزمن | ٨ ساعات |

## أهداف

- التعرف على كيفية إجراء اختبار بطريقة الفحص البصري للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- التعرف على كيفية استعمال الأدوات المستخدمة في الفحص البصري.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.

## الاحتياطات والأمان

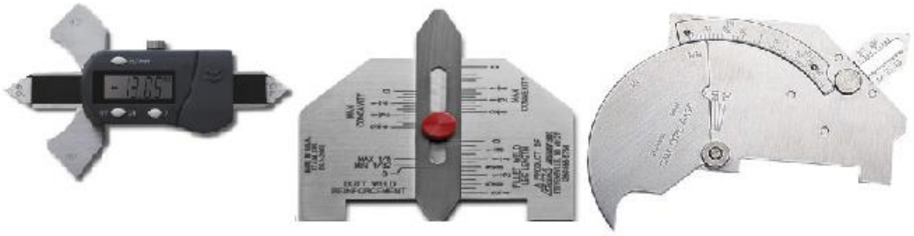
- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| عدادات قياس جودة اللحام | قطع معدنية ملحومة | ١/نوع |
| بوروسكوب | | |
| فيديو بوروسكوب | | |
| عدسة مكبرة | محركات ماكينات بها أعطال أو تأكل داخلي | ١/نوع |
| مرأة مكبرة | | |
| مايكروسكوب مجهري | قطع غيار ميكانيكية حديثة الصنع ولها كتالوج | ١/نوع |
| مايكرومتر | | |
| قدمة ذات ورنية | عينة زيت من خزان ماكينة هيدروليك | 0.2 لتر |
| مفتاح عزم | | |

جدول رقم ٣٥

شكل رقم ٨٨: أجهزة رؤية بصرية

| |
|---|
|  |
| عدادات قياس جودة اللحام |
| |
| أدوات قياس يدوية (ميكرومتر- قدمة ذات ورنية) |

شكل رقم ٨٩: بعض الأجهزة والوسائل المستخدمة في الفحص البصرى.

## المعارف المرتبطة بالتدريب

يعد الاختبار بطريقة الفحص البصري Visual Inspection من أسهل الاختبارات الائتلافية من حيث التطبيق وهي طريقة مكملة لكل طرق الاختبارات الائتلافية الأخرى حيث يتم تطبيقها أولا قبل أي طريقة اختبار أخرى في الكشف عن العديد من العيوب في الأجزاء الملحومة والمصبوبات والمشغولات والمكونات المعالجة حراريا.

ويتم الاختبار بهذه الطريقة باستخدام العين المجردة أو باستخدام أدوات قياس بسيطة كالميكرومتر أو ساعات القياس أو القدمة ذات الورنية أو كالأدوات المستخدمة في ضبط جودة اللحام بصريا أو بواسطة إحدى مساعدات الرؤية.

فعند استخدام طريقة الفحص البصري بواسطة شخص ذو كفاءة لفحص لحاما مثلا فإن هذه الطريقة يمكنها أن تعطينا معلومات عما إذا كان هناك نقر غير ممتلئ في اللحام وعن مقدار تغلل اللحام وعما إذا كانت هناك شوائب ناتجة من قشور الأكسيد القريبة من السطح وعن المسامية السطحية وعما إذا كانت هناك شروخ في السطح أم لا.

والاختبار بالفحص البصري ليس له حالة محددة أو طريقة معينة بخطوات ثابتة يتم إتباعها حيث توجد العديد من الحالات التي يستخدم فيها الفحص البصري كفحص الصدأ أو التآكل أو الشروخ الموجودة بالأجزاء الميكانيكية وفحص تعشيق وشد الوصلات والسيور الموجودة بالماكينات وفحص العيوب الموجودة في عملية اللحام بالإضافة إلى فحص أبعاد ومواصفات الأجزاء المصنعة حديثا قبل بيعها للعملاء وغيرها من التطبيقات الأخرى الهامة. لذلك لا يمكن الإلمام الكامل بطريقة الفحص البصري والأدوات المستخدمة فيها بتجربة واحدة لذلك سنستعرض في هذا الجزء مجموعة من الحالات المختلفة والتي سيتم استعمال طريقة الاختبار بالفحص البصري فيها لاكتشاف العيوب وسنستعرض من خلالها أيضا الأداة المناسبة لكل حالة.

### خطوات تنفيذ إجراء الفحص البصري في الآتي:

١. بأنه في البداية يجب تنظيف العينة أو السطح المختبر جيدا بواسطة سائل مناسب أو رمل أو غيرها من وسائل التنظيف الملائمة للموقف.
٢. يجب التأكد من إضاءة المكان الذي تتم فيه عملية الفحص لتسهيل رؤية واكتشاف العيوب.
٣. تفحص العينة بواسطة العين أو بواسطة اختيار الأداة المناسبة للحالة من أدوات الفحص البصري وأحيانا يتطلب الأمر أخذ العينة وفحصها بأحد الأدوات المكبرة للصورة كالميكروسكوب للتمكن من الرؤية والفحص الجيد للعينة.

## مزايا وعيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري

**مزايا الاختبار بطريقة الفحص البصري:**

- الأدوات المستخدمة تتطلب حدا أدنى من التدريب.
- انخفاض التكلفة.
- تعتبر طريقي سريعة وبسيطة نسبيا.
- يمكن استخدامها مع مختلف المواد.
- الأدوات البصرية المستخدمة يمكنها نقل الصورة إلى عدة أمتار وتمكن من الوصول إلى المناطق الصعبة.

**عيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري:**

- يجب أن يكون الجزء المختبر في متناول العين أو الأداة البصرية المساعدة.
- يجب أن ينظف السطح قبل الاختبار.
- يتعرض الشخص القائم بالاختبار للإعياء أحيانا في حالة صعوبة مجال الرؤية.
- ارتفاع سعر بعض الأدوات البصرية الإلكترونية المساعدة نسبيا.
- اعتماديتها مرتبطة بكفاءة وخبرة الشخص القائم بالاختبار لذلك فأحيانا نحصل على نتائج غير دقيقة.

## الحالة الأولى: اكتشاف العيوب الداخلية الموجودة بالماكينات

يقوم المدرب بتكليف الطالب بفحص السطح الداخلي لمكبس أسطوانة معينة وسطح غرفة الاحتراق الخاصة بها لمحرك موجود بورشة العمل ويسأل الطالب ليختار الجهاز المناسب لهذه العملية.

**شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:**

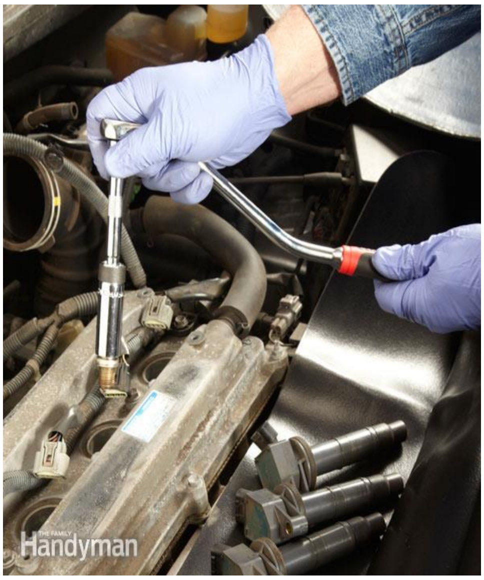
يستخدم جهاز البوروسكوب والمرأة المكبرة حتى نتمكن من رؤية العيوب أو التآكلات الموجودة بالأسطح الداخلية لجسم الألة الميكانيكية نظرا لصعوبة الوصول إليها لضيق المكان أو لوجود الجزء المراد رؤيته داخل الماكينة ولا يسمح الوقت أو الظروف للفك والتركيب حتى نراه بالعين المجردة مباشرة. ويوضح في شكل رقم ٩٠ التركيب الداخلي لأداة البوروسكوب حيث تحتوي على فتحة تسمح بدخول الضوء وأنبوبة أو قناة من الإستانلستيل تحتوي على مجموعة من العدسات التبادلية والمكبرة والتي تقوم بتوضيح ونقل الصورة من منطقة مجال الرؤية إلى عين الرائي حتى يتمكن من رؤية الأسطح والأجزاء الداخلية للماكينات.

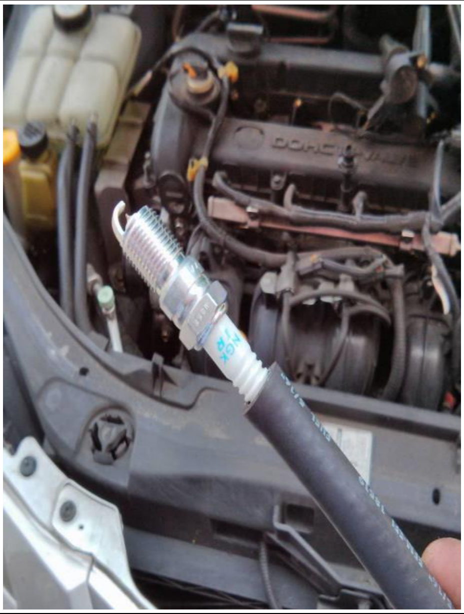
شكل رقم ٩٠: التركيب الداخلي لأداة البوروسكوب.

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد

٢. قم باختيار الأداة المناسبة للاختبار وهو جهاز الفيديو بورسكوب الموضح شكل رقم ٩٠.



٣. قم بإخراج شمعة الاحتراق حتى تتمكن من رؤية السطح الداخلي للمكبس ولغرفة الاحتراق

٤. احضر جهاز الفيديو بورسكوب لينقل له صورة حية عن ما بداخل أسطوانة المحرك

٥. إدخال طرف مجال الرؤية الخاص بجهاز البورسكوب من فتحة شمعة الاحتراق التي أزلتها وانظر لشاشة البورسكوب لتفحص حالة الأسطح الداخلية للمكبس وغرفة الاحتراق

٦. قم بحفظ للصور التي التقطها للأسطح التي قام بحفظها

شكل رقم ٩١

## تسجيل النواتج

يقوم الطالب بطباعة الصور التي حصل عليها ويناقشها مع مدربه لتحديد ما إذا كانت حالة أسطح كلا من المكبس وغرفة الاحتراق جيدة أم تحتاج إلى صيانة.

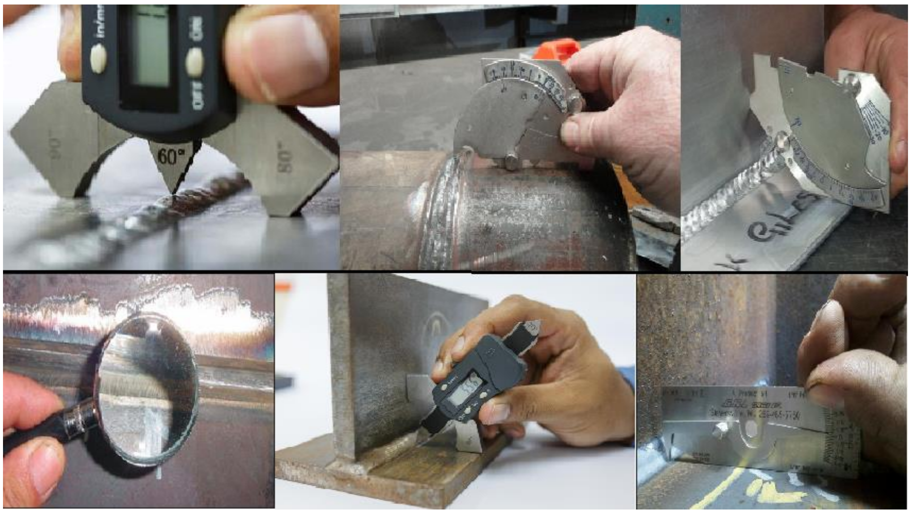
## الحالة الثانية: إكشاف العيوب الموجودة باللحامات:

يقوم المدرب بإحضار بعض قطع العمل الملحومة والعادية ويطلب من الطالب أن يتأكد من جودة اللحام الموجود بالقطع الملحومة وأن يحدد مقدار محاذاة بعض القطع من عدمه وزاويا ميل بعض القطع وأن يختار الأدوات المناسبة لهذه الوظيفة من أدوات الفحص البصري.

**شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:**

شكل رقم ٩٢: أداة قياس شكل وأبعاد اللحام

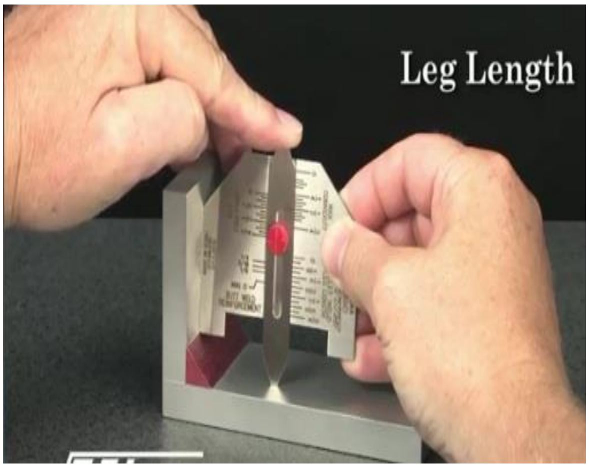
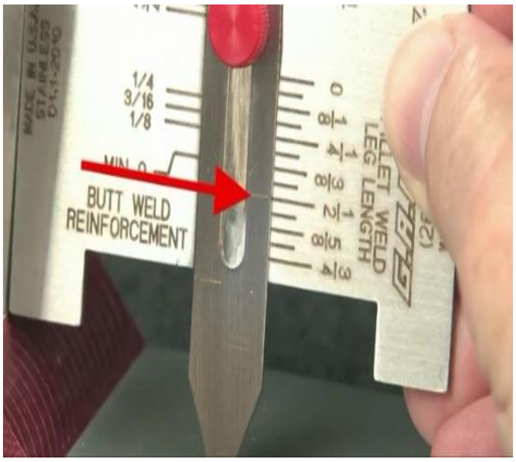
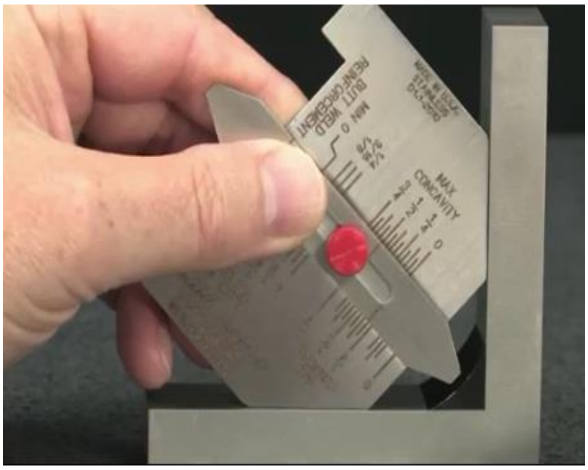
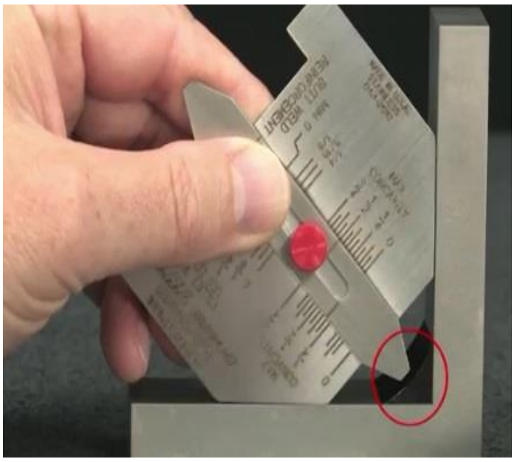
يوضح شكل رقم ٩٢ أداة قياس شكل اللحام وهي تشبه منقلة قياس الزوايا العادية وبها سن ارتكاز يمكن تثبيته فوق غطاء اللحام لقياس ارتفاعه وبها حافة لقياس مقدار زاوية الميل أو الانحراف المراد قياسه لأي جزء أو قطعة وبها أيضا طرف لقياس أبعاد لحام الشريحة. ويوضح شكل رقم ٩٣ بعد الأدوات الأخرى التي تستخدم لقياس جودة اللحام بطريقة الفحص البصري.

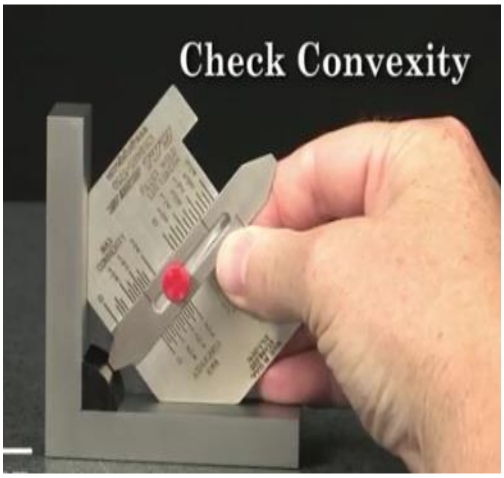
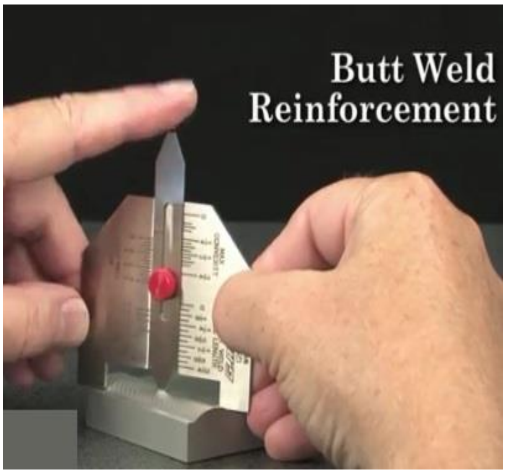


شكل رقم ٩٣: بعض الوسائل المستخدمة في الفحص البصرى للحام.

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد
٢. قم بختيار الأداة المناسبة لهذه الوظيفة وهي أداة قياس شكل اللحام.
٣. نفذ الخطوات الموضحة التالية من رقم ٤ حتى الخطوة رقم ٨ للتأكد من جودة اللحام واكتشاف أي عيوب ناتجة عن عملية اللحام ولاكتشاف زوايا الميل وقيمة عدم المحاذاة الموجودة بالقطع الأخرى.

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">٤. قم بقياس طول شريحة اللحام وسجيل قيمة القراءة من التدريج بجدول النتائج</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">٥. قم بقياس مدى التقعر الموجود باللحام فإذا كان طرف ارتكاز الأداة غير متلامس مع اللحام كما هو موضح بالصورة فهذا دليل على أن اللحام غير كافي ويحتاج إلى لحام مرة أخرى لتزويد طبقة اللحام الخارجية</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
|   |   |
| ٦. قم بقياس مدى التحدب الموجود باللحام | ٧. قم بقياس أبعاد اللحام لتحديد مناطق الاحتياج للتعزيز |
| | |
| ٨. قم بقياس القطع الداخلي الموجود باللحام | ٩. قم بقياس قيمة عدم المحاذاة بين الأجزاء الملحومة |
| | |
| ١٠. قم بقياس زاوية الميل | ١١. قم بقياس ارتفاع اللحام لتحديد احتياجه للتعزيز |

جدول رقم ٣٦

## تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل قراءاته ويملئ الجدول التالي ثم يقارن نتائجه مع بقية زملائه

| رقم القطعة | قيمة عمق القطع الداخلي | ارتفاع غطاء اللحام | طول شريحة اللحام | قيمة عمق شريحة اللحام | زاوية الميل | قيمة اللامحاذاة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | | | | | | |
| ٢ | | | | | | |
| ٣ | | | | | | |

جدول رقم ٣٧

بعد مقارنة النتائج يتناقش الطلاب للحكم على جودة اللحام ومناقشة العيوب إن وجدت وكيف يمكن تلافيها أو معالجتها وتسجيل المشاهدات.

## المشاهدات

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يستخدم الفحص البصري لاكتشاف العيوب بشكل سليم | | | |
| ٦ | يقيس سمك اللحام و يفحصه بدقة | | | |
| ٧ | يقيس عدم المحازة للحام بشكل سليم | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية | | | |

جدول رقم ٣٨

## توقيع المدرب

الاسم:.................... التوقيع:.................... التاريخ:....................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- مجموعة من القطع ملحومة حديثا

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:**

- أجراء اختبار الفحص البصري لقطع غيار جديدة لمطابقة أبعادها بالأبعاد الموجودة بكتالوج الصانع

# الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة ( Penetrant Inspection)

| تدريب رقم | ٩ | الزمن | ٨ ساعات |
|---|---|---|---|

## أهداف

- التعرف على إجراء اختبار السوائل النافذة للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.
- اكتشاف الشروخ او عيوب اللحام الموجودة بالمشغولات

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.
- وجود حقيبة إسعافات أولية في مكان الاختبار.

## متطلبات التدريب

| العدد والأدوات | المواد والخامات | الكمية |
|---|---|---|
| رشاش مزيل أو منظف | قطع معدنية ملحومة | ١/نوع |
| رشاش مخترق | قطع غيار قديمة من ورشة العمل | ١/نوع |
| رشاش مظهر<br>عدد ٢ فوطة تنظيف لهما لونين مختلفين وليكن أحدهما لونه أبيض والأخرى لونها أحمر | خزانات معدنية قديمة يراد اكتشاف شروخ تسريب بها | ١/نوع |

جدول رقم ٣٩

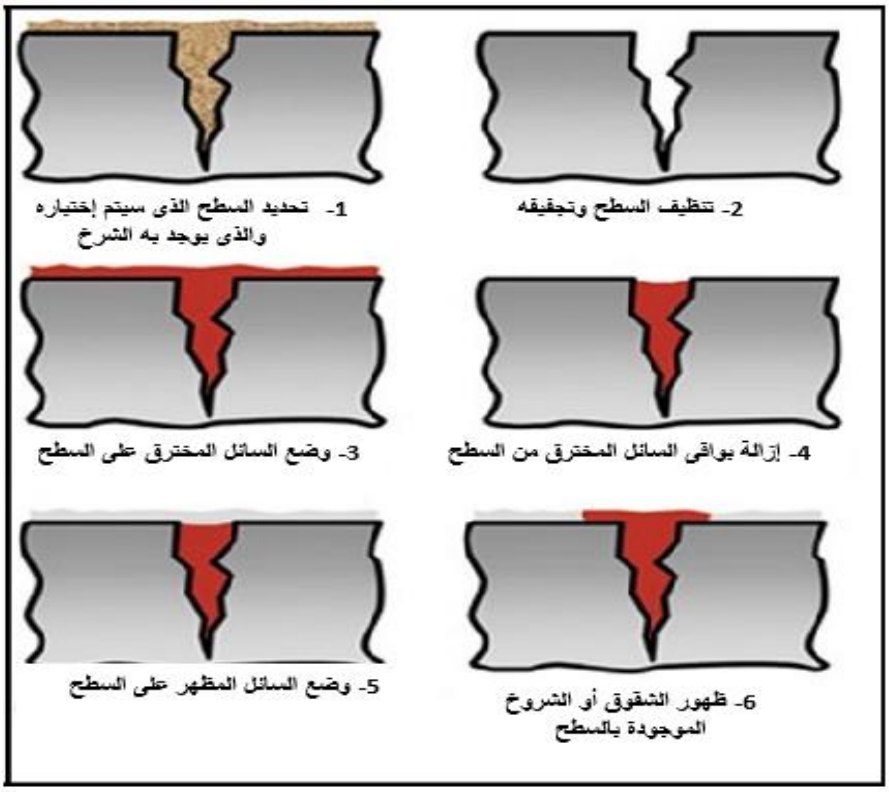
## المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة في الكشف عن العيوب السطحية في العينة كالشروخ والتشققات المفتوحة على السطح والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة حتى من مرتبة الميكروتر. ويمكن استخدام هذه الطريقة مع جميع المعادن وحتى يمكن استخدامها في حالة السيراميك والبلاستيك.

ويوضح شكل رقم ٩٤ خطوات الاختبار بطريقة السوائل النافذة حيث يتم في هذه الطريقة استخدام ثلاثة سوائل وهم سائل المنظف/المزيل "Cleaner" وسائل المخترق "Penetrant" (وهو سائل ذو قدرة عالية على النفاذ) وسائل المظهر "Developer"

أحيانا يتم إضافة مادة فلورية وتسمى بالإنجليزية (Fluorescent method) أي طريقة المظهر الفلوري حيث يتم إذابة هذه المادة الفلورية في السائل المخترق ويتم تكرار نفس الخطوات السابقة عدا أن الاختبار يتم داخل غرفة مظلمة ويتم استخدام الأشعة فوق البنفسجية للكشف عن العيوب كما هو موضح في شكل رقم ٩٥.

هناك أنواع أخرى من السوائل يجرى بها الاختبار بالسوائل النافذة كالكيروسين مثلا مع كربونات الكالسيوم، حيث في هذه الحالة يلعب الكيروسين دور المخترق ويوضع على السطح ثم يترك لمدة كافية وبعد ذلك ينظف السطح جيدا ويدهن بكربونات الكالسيوم ذو اللون الأبيض (دور المظهر) وتكون في حالة جافة أو تخلط بالكحول ونتركه لفترة فنجد أن الكيروسين يخرج من الشروخ إلى السطح ويبقع المادة البيضاء (كربونات الكالسيوم) وبذلك يكون موضع الشرخ أو الشق هو مكان البقع.




شكل رقم ٩٤: خطوات الاختبار بالسوائل النافذة أو المخترقة.

شكل رقم ٩٥: نتائج استخدام طريقة المظهر الفلوري.

## شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٩٦ ثلاثة عبوات تحتوي كل منها على نوع مختلف من السوائل حيث تحتوي العبوة الأولى (١) على سائل منظف لتنظيف السطح المراد اختباره وتحتوي العبوة الثانية (٢) على سائل مخترق له قدرة عالية على النفاذ خلال الشروخ والفتحات الضيقة الموجودة بالأسطح والعبوة الثالثة (٣) تحتوي سائل مظهر له قدرته على إخراج السوائل المحتجزة داخل التشققات والشروخ الموجودة بالأسطح المراد اختباره بهدف إظهار مواضع تواجد العيوب أو الشروخ.

شكل رقم ٩٦: السوائل الثلاثة المستخدمة طريقة الاختبار بالسوائل النافذة.

ويوضح شكل رقم ٩٧ بعض العينات التي يمكن استخدامها في الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة.

شكل رقم ٩٧: العينات التي سيستخدمها الطالب في الاختبار.

## مميزات وعيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة:

**المميزات:**

- تسهل رؤية العيب حيث أن السائل المخترق ينتج إشارة للعيب أكبر من العيب نفسه مما يسهل رؤية العيب بالعين المجردة بالإضافة إلى أن لون سائل المظهر يكون أبيض ولون السائل المخترق غالبا ما يكون الأحمر مما يعطى درجة تباين عالية وتسهيل للرؤية.
- تكلفة الأدوات المستخدمة في هذه الطريقة منخفضة نسبيا.
- تمكن هذه الطريقة من فحص الأجزاء ذات الأشكال المعقدة.
- يمكن استخدام هذه الطريقة في فحص المعادن المغناطيسية وغير المغنطيسية وكافة المواد الصلبة غير المسامية.

**العيوب:**

- لا يمكن تطبيق هذه الطريقة على المكونات والقطع ذات السطوح المسامية.
- لا يمكن تطبيق هذه الطريقة على المكونات المطلية بالدهان أو الطبقات المعدنية الواقية.
- لا يمكن تطبيق هذه الطريقة عند تلوث سطح القطع المراد اختبارها بالزيوت أو الشحوم مالم يتم إزالتها بشكل كامل.
- زمن الاختبار طويل نسبيا.

- يجب التنظيف التام لسطح العينة الخاضعة للاختبار والتأكد من عدم وجود صدأ أو شحوم أو حتى طلاء أو أي مواد أخرى يمكن أن تغلق الشروخ، وهناك العديد من الوسائل التي من الممكن استخدامها لتنظيف السطح كسوائل التنظيف أو استخدام ضغط البخار أو التنميش بالحامض
- يجب عدم استخدام وسيلة السفح بالرمل في تنظيف الأسطح حتى لا يغلق الرمل الشروخ.

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد

٢. جهز منضدة الاختبار وضع عليها العينة الخاضعة للاختبار والعبوات الثلاث وعدد ٢ فوطة (ذو لونين مختلفين وليكن أحدهما بيضاء والأخرى حمراء) ليتم استعمالهم في تنظيف العينة أثناء الاختبار

٣. استخدم العبوة الأولى التي تحتوى على المادة المنظفة ورش بها على الفوطة البيضاء

٤. نظف سطح العينة باستعمال الفوطة الشبعة بسائل التنظيف وكرر هذه الخطوة أكثر من مرة حتى تتأكد من خلو سطح العينة تماما من أي شوائب أو زيوت قد تؤثر على نتائج الاختبار

٥. استعمل العبوة الثانية التي تحتوى على المادة النافذة وقم برش السائل مباشرة على سطح العينة ويكون الرش في اتجاه السهم على طول اللحام (ويركز في رش على خط اللحام الموجود بسطح العينة).

٦. اترك العينة فترة عشرة دقائق حتى تتمكن المادة النافذة من اختراق الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة الملحومة

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">٧. نظف سطح العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق باستخدام الفوطة الحمراء</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">٨. رش السائل المنظف على الفوطة البيضاء مرة اخرى لتنظيف سطح العينة مع ملاحظة أن لا يتم رش السائل المنظف مباشرة من العبوة على العينة حتى لا يؤثر على نتائج الاختبار</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">٩. بعد الانتهاء من التنظيف الكامل لسطح العينة يتم استعمال عبوة السائل المظهر كي يتم رشه على سطح العينة ويترك لمدة ١٠ دقائق حتى يتمكن من إخراج السائل المخترق من الشقوق الموجودة بسطح العينة</td></tr>
</table>

١٠. افحص العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق وبحث عن مواضع تجمع السائل المخترق على سطح العينة والتي تمثل مواضع الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة

١١. قم بالتقاط صورة لها لمواضع الشقوق و الشروخ و سجل مشاهداتك

شكل رقم ٩٨

١٢. يقوم الطالب بتكرار نفس الخطوات من ١:٨ على عينات أخرى ويتفحص مواضع الشروخ أو الشقوق الموجودة بها ويلتقط صورة لسطح العينة في نهاية الاختبار.

## تسجيل النواتج

| اسم العينة | هل يوجد بها شقوق أم لا | عدد الشقوق الموجودة بها | تفاصيل الشقوق الموجودة بالسطح (الموضع-الطول-السمك) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

جدول رقم ٤٠

## المشاهدات

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

..........................................................................................

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات وملاحظة الطلاب ويقوم بتوضيح مزايا وعيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة وهي كالاتي:

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يستخدم سوائل الفحص بترتيب منظم | | | |
| ٦ | يرش كمية سائل مناسبة عند عمل الاختبار | | | |
| ٧ | يكتشف الشقوق و الشروح بسهولة | | | |
| ٨ | يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية | | | |

جدول رقم ٤١

## توقيع المدرب

الاسم:...................     التوقيع:...................     التاريخ:...................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- قطعة معدنية ملحومة
- سوائل اكتشاف الشروخ

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقيقة:**

- أجراء اختبار الفحص بالسوائل لقطع معدنية ملحومة لاكتشاف الشروخ

| الاختبار بطريقة الجسيمات المغنطة (Magnetic Particle Test) | | | |
|---|---|---|---|
| تدريب رقم | ١٠ | الزمن | ٨ ساعات |

## أهداف

- التعرف على كيفية إجراء اختبار بطريقة الجسيمات المغنطة للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- التعرف على كيفية استعمال الأدوات المستخدمة في طريقة الجسيمات المغنطة.
- التعرف على الحالات التي تستخدم فيها طريقة الجسيمات المغنطة.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.

## الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة وجه.
- وجود حقيبة إسعافات أولية في مكان الاختبار.

## متطلبات التدريب

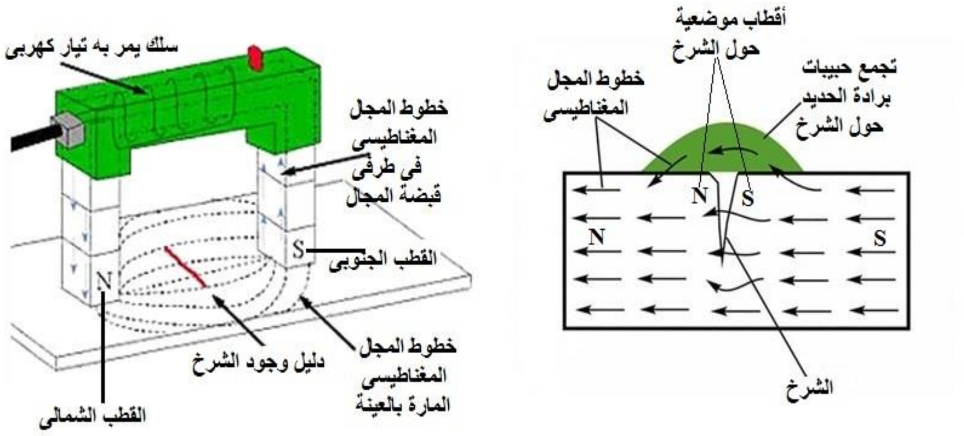
| العدد والأدوات | المواد والخامات | |
|---|---|---|
| قبضة مولدة للمجال المغناطيسي "Electromagnetic yoke" | قطع معدنية ملحومة وقطع معدنية عادية بحالة جيدة. | ١/نوع |
| برادة الحديد | | |
| رشاش دهان أبيض | قطع غيار قديمة من ورشة العمل. | ١/نوع |
| لوح اختبار قوة المغناطيس وزنه لا يقل عن ٤,٥ كجم | | |
| مسطرة قياس | خزانات معدنية قديمة يراد اكتشاف شروخ تسريب بها | ١/نوع |

جدول رقم ٤٢

## المعارف المرتبطة بالتدريب

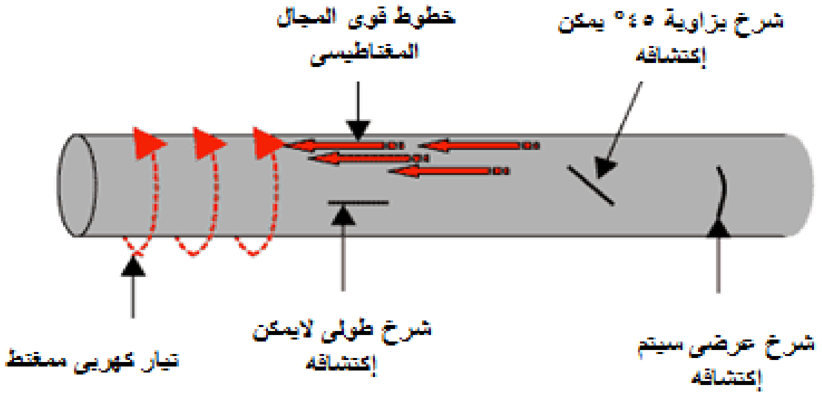
يستخدم الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة في الكشف في عن التشققات والعيوب الموجودة على أسطح المواد الحديدية المغناطيسية أو الواقعة على بعد (٢:٦) ملليمتر تحت السطح مثل اختبار قطع الآلات أثناء الصناعة وفى أثناء الصيانة واختبار اللحامات والمحاور.

فإذا قمنا بنثر برادة الحديد على عينة ما وقمنا بتسليط حقل مجال مغناطيسي في نفس الوقت على سطح العينة فإن برادة الحديد تتشكل حسب خطوط القوى المغناطيسية في المجال المغناطيسي المطبق على العينة ونلاحظ أنها تتجمع بكثرة حول القطب الشمالي والقطب الجنوبي للقضيب للعينة فإذا كان هناك كسر في سطح العينة أو شق/شرخ فإن كلا من جزئي العينة يعمل كمغناطيس مستقل بذاته له قطب شمالي وقطب جنوبي تسمى بالأقطاب الموضعية وبوجود برادة الحديد على السطح فإنها تتجمع حول القطبين الشمالي والجنوبي وكذلك القطبين الموضعيين ولهذا إذا وجد في جسم ممغنط شرخ تام أو حتى جزئي فإن الأقطاب الموضعية التي تتكون نتيجة لذلك تتسبب في تجمع ذرات الحديد حولها الأمر الذى يدل أو يكشف عن موضع الكسر أو الشرخ الموجود بسطح العينة، كما هو موضح في شكل رقم ٩٩



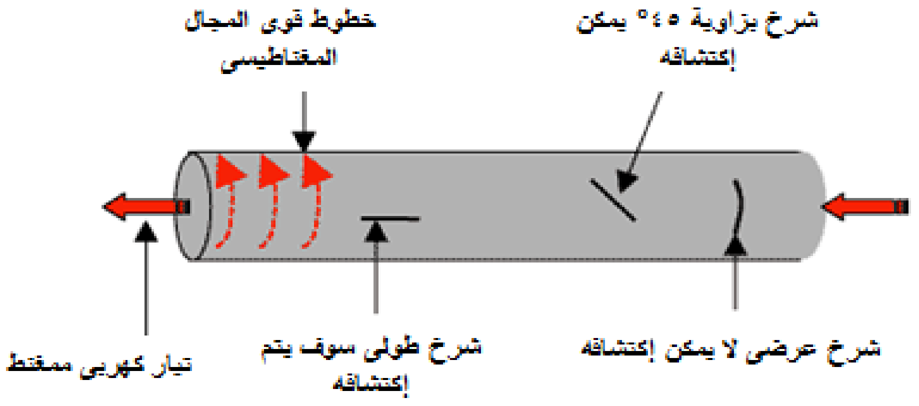

شكل رقم ٩٩: اكتشاف الشرخ في سطح العينة بواسطة برادة الحديد والحقل المغناطيسي.

يتم اختيار اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي داخل القطع المراد اختبارها بحيث تتعامد مع العيوب المتوقع وجودها فيها حيث نلجأ إلى تطبيق حقول مغناطيسية طولية (Longitudinal Field) في الكشف عن العيوب ذات الاتجاه المحيطي (Circumferential Flaws) ويتم ذلك بواسطة استخدام دائرة مغناطيسية ذات ثغرة هوائية (Yoke) أو بواسطة وضع القطعة المراد اختبارها داخل ملف يمر فيه تيار متناوب (Coil) كما هو موضح في شكل رقم ١٠٠.




شكل رقم ١٠٠: تطبيق حقول مغناطيسية طولية.

ويتم تطبيق حقول مغناطيسية دائرية (Circular Field) في الكشف عن العيوب الطولية ( Longitudinal Flaws) المتواجدة في القطع المراد اختبارها ووفقا للشكل الهندسي الخاص بها حيث يمكن تطبيق الحقول المغناطيسية الدائرية على القطع المراد اختبارها إما بإمرار تيار كهربائي مناسب فيها (Head Shot) أو بوضعها حول ناقل يمر فيه تيار مناسب (Central Conductor) كما هو موضح في شكل رقم ١٠١.




شكل رقم ١٠١: تطبيق الحقول مغناطيسية دائرية.

غالبا ما نطبق كلا من الحقل المغناطيسي الطولي والدائري على العينات المراد اختبارها حتى نكتشف جميع العيوب السطحية والعيوب تحت السطح المحتمل تواجدها بالعينة، كما يمكننا في هذه الطريقة استخدام الدقائق المغناطيسية الملونة أو الفلورية في الحالتين الجافة والرطبة.

**شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:**

كما أوضحنا أن اختبار الجسيمات الممغنطة يعتمد على فكرة تعريض السطح المراد فحصه أو اختباره لمجال مغناطيسي (magnetic flux) فعند وجود أي شروخ أو انفصالات سطحية أو قريبة من السطح يتولد حول تلك الشقوق تسريب في خطوط الفيض المغناطيسي مما يؤدى إلى عمل تلك الشقوق كمغناطيس له قطب شمالي وأخر جنوبي "الأقطاب الموضعية". يتم في أثناء ذلك التعريض رش جزيئات قابلة للمغنطة مثل برادة الحديد (magnetic particle) فتتجمع حول الشقوق التي تعمل كمغناطيس نتيجة لتسريب خطوط الفيض المغناطيسي في شكل واضح وذلك يؤدى لاكتشاف الانفصال وموضعه. ويوضح شكل رقم ١٠٢ الأدوات المستخدمة في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة. فالأداة الأولى هي جهاز أو قبضة توليد المجال المغناطيسي والتي تولد مجال مغناطيسي في اتجاهين متعامدين (طولي وعرضي) وذلك لتلافى عدم ظهور الشرخ إذا كان اتجاه الشرخ موازي لخطوط الفيض المغناطيسي. وجهاز توليد المجال المغناطيسي الموضح هنا هو من النوع النقال (portable) والمسمى(Yoke) وهو الأكثر استخداما لسهولة حمله والتنقل به وله نوعان نوع يحتاج إلى مصدر كهربي (Ac Yoke) ونوع أخر لا يحتاج مصدر كهربي (hand magnetic DC Yoke) ويصنع مجالين مختلفين بتحريكه في وضعين متعامدين. أما الأداة الثانية فهي الجزيئات الممغنطة "برادة الحديد" (manetic particles) ويجد منها نوعين الجاف والرطب فاجاف يكون برادة حديد ملونة بألوان مختلفة مغايرة للون السطح المختبر للوضوح والدقة أثناء تنفيذ الاختبار.

أما الرطبة فتكون عبارة عن رش مزيج من برادة الحديد ملونة بلون أسود وسائل دهان لونه أبيض حيث يعمل خلفية بيضاء على السطح وتظهر برادة الحديد بالون الأسود وهو أكثر دقة من النوع الأول الجاف لدقة التباين.

شكل رقم ١٠٢: الأدوات المستخدمة في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة.

ويوضح شكل رقم ١٠٣ بعض العينات التي يمكن استخدامها في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة.

شكل رقم ١٠٣: العينات التي سيستخدمها الطالب في الاختبار.

## مميزات وعيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة

**المميزات:**

- الزمن المستغرق في هذا الاختبار هو أقل من الزمن اللازم في حالة استخدام طريق السوائل النافذة.
- يمكن لهذه الطريق اكتشاف العيوب القريبة من السطح.
- شكل وحجم القطعة المختبرة ليس لهما تأثير على نتائج الاختبار
- الأدوات المستخدمة في الاختبار سهلة الحمل والنقل
- ليس للسطح الخشن أي تأثير على نتائج الاختبار
- ليس للدهان أو الطبقات المعدنية غير المغناطيسية الموجودة على سطح المادة تأثير في مغنطة هذه المادة.

**العيوب:**

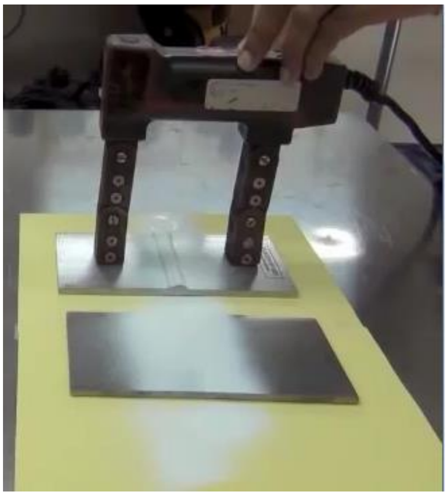
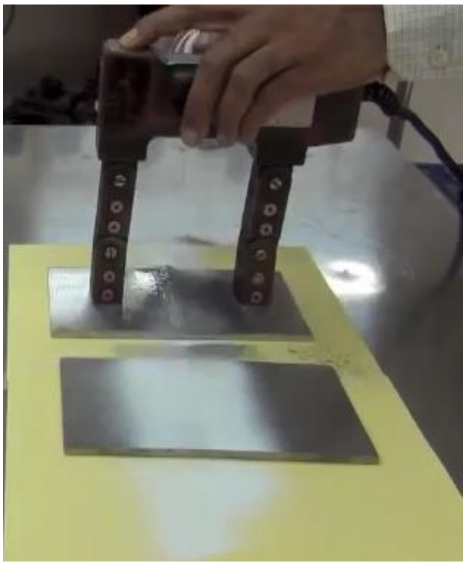
- تستخدم هذه الطريقة في فحص المواد القابلة للمغنطة فقط.
- تحتاج إلى مستويات عالية من التيار الكهربي.
- قد يحدث احتراق لأجزاء القطع المختبرة
- يجب أن تطبق الحقول المغناطيسية على القطع المراد اختبارها في اتجاهين.
- يجب إزالة مغنطة القطعة المختبرة بعد انتهاء عملية الفحص.

## خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد

٢. قم باختبار الجهاز المولد للمجال المغناطيسي والذى هو من نوع (AC Yoke) بتطبيق المجال على لوح اختبار قوة المجال المغناطيسي ثم اجذب الجهاز لأعلى فإذا ارتفع حاملا اللوح معه فهذا دليل أن المجال قوى والجهاز صالح للاستعمال

٣. قم بتجهيز منضدة الاختبار وضع عليها الأدوات التي سوف يتم استعمالها في التجربة

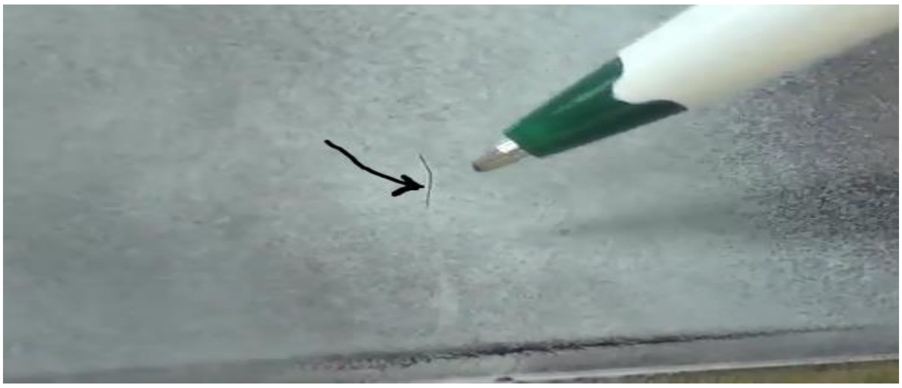
| | |
|---|---|
| |  |
| ٤. استعمال الدهان الأبيض ورجه جيدا قبل الاستعمال ورشه على لوحي الاختبار الملحوم والعادي | ٥. قم بتطبيق المجال المغناطيسي على لوحى الاختبار بالتناوب وابدأ باللوح الملحوم |
|  | |
| ٦. استعمل عبوة برادة الحديد السمراء ورشها على اللوح الملحوم المطبق عليه المجال المغناطيسي | ٧. قم بتطبيق المجال المغناطيسي على اللوح الثاني غير الملحوم |

٨. رش برادة الحديد على اللوح الثاني أثناء تطبيق المجال عليه

شكل رقم ١٠٤

٩. دقق النظر في اللوح الملحوم فإذا وجد به موضع لتجمع برادة الحديد فهذا دليل على وجود شق

إذا وجد شق في اللحام قم بقياسه بالمسطرة.



١٠. قم بملاحظة اللوح الثاني وابحث عن مواضع تجمع برادة الحديد وهي العلامة المميزة على موضع الشرخ الموجود باللوح

شكل رقم ١٠٥

١١. يتم تبديل وضع قطبي جهاز توليد المجال المغناطيسي بحيث يكون وضع القطبين عمودي على الاتجاه المستخدم في الخطوة رقم ٤ وتكرار نفس الخطوات لاكتشاف ما إذا كانت هناك بعض الشروخ أو التشققات التي لم تظهر لوجودها في اتجاه موازي لاتجاه خطوط المجال وبذلك يستطيع الطالب اكتشاف جميع العيوب السطحية الموجودة بعينة الاختبار

١٢. يقوم الطالب بتكرار نفس الخطوات على عينات أخرى ويتفحص مواضع الشروخ أو الشقوق الموجودة بها ويلتقط صورة لسطح العينة في نهاية الاختبار.

١٣. قم بمقارنة الصور التي التقطها لأسطح العينات المختبرة والمعلومات التي سجلتها بالجدول مع الصور والمعلومات التي سجلها زملائك مع تسجيل ملاحظاته ومشاهداتك واستنتاجك على كل فحص قمت به.

## تسجيل النواتج

| اسم العينة | هل يوجد بها شقوق أم لا | عدد الشقوق الموجودة بها | تفاصيل الشقوق الموجودة بالسطح (الموضع-الطول-السمك) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

جدول رقم ٤٣

## المشاهدات

.........................................................................................................

.........................................................................................................

.........................................................................................................

.........................................................................................................

.........................................................................................................

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات وملاحظات الطلاب ويقوم بتوضيح مزايا وعيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة وهي كالاتي:

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | تم اتباع تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٢ | التعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | تم التقيد بإجراءات السلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٤ | تم إنجاز التجربة بالوقت المطلوب | | | |

جدول رقم ٤٤

## تقييم الأداء

| م | معيار الأداء | تحقق | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | | نعم | لا | |
| ١ | يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية. | | | |
| ٢ | يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب | | | |
| ٣ | ينفذ تعليمات المشرف المسؤول | | | |
| ٤ | ينجز التجربة بالوقت المطلوب | | | |
| ٥ | يرش برادة الحديد بشكل منتظم على العينة | | | |
| ٦ | يكتشف الشروخ و الشقوق بسهولة | | | |
| ٧ | يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية | | | |

جدول رقم ٤٥

## توقيع المدرب

الاسم:....................        التوقيع:....................        التاريخ:....................

## الاختبار العملي

**في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:**

- قطعة معدنية حديدية ملحومة
- جهاز توليد المجال المغناطيسي

**ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقيقة:**

- أجراء اختبار الجسيمات الممغنطة لقطع معدنية ملحومة

## الأسئلة النظرية

١. عرف كثافة المادة
٢. عرف الكثافة النوعية Specific density
٣. علم بصح أو خطء على العبارات التالية
أ. تطفو المواد اذا كانت كثافاتها النوعية اقل من الواحد ( )
ب. تغطس أي مادة في الماء إذا كانت كثافاتها اقل من كثافة الماء ( )
ج. المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء تطفو فوق سطح الماء ( )
د. وحدة الكثافة النوعية (كجم/م٣) ( )
ه. وحدة الكثافة (مجم/م٣) ( )
و. كثافة الزيوت اثقل من كثافة الماء ( )
ز. كثافة المعادن اثقل من كثافة الماء ( )
٤. أكمل النقاط الأتية :
أ. في الاختبارات ...................... يتم إتلاف العينة المختبرة بينما في الاختبارات ................... يتم الحفاظ على سلامة العينة المختبرة.
ب. في النظام العالمي لوحدات القياس يقاس الطول............. بينما تقاس........... بالكيلوجرام
ج. يعتبر.........،................،............... مواد مولدة للطاقة ، بينما يعتبر .........، ............، .................. مواد معدنية.
٥. عرف كلا مما يأتي:
أ. المرونة
ب. اللدونة
ج. المطلية
د. الصلادة
ه. المتانة
و. القصافة
٦. علل أهمية معرفة الخواص الميكانيكية للمواد الهندسية
٧. حدد أنواع الاختبارات الميكانيكية للمواد
٨. ما هي الخواص المختلفة للمواد الهندسية
٩. علل أهمية إجراء اختبار الشد للمواد الهندسية

١٠. ماهي المواصفات القياسية للعينة الخاضعة لاختبار الشد؟
١١. حدد أشكال نهايات العينات المستخدمة في اختبار الشد
١٢. ماهي الشروط الواجب توافرها في عينات اختبار الضغط للمعادن؟
١٣. متى يستخدم اختبار الضغط للمعادن؟
١٤. أذكر ثلاث طرق للتغلب على الاحتكاك بين سطحي نهايتي العينة المختبرة وفكي جهاز اختبار الضغط
١٥. عرف أنوع العينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط للمعادن
١٦. اذكر الأنواع المختلفة للصلادة
١٧. ما هي التطبيقات التي يستفاد في صناعتها من معرفة قيمة صلادة العلامة، ولماذا؟
١٨. علل أهمية إجراء اختبار الصلادة للمعادن
١٩. أذكر ثلاث طرق لإجراء اختبار الصلادة للمعادن
٢٠. اذكر العلاقة التي يمكن حساب رقم برينل للصلادة بها
٢١. أذكر الاحتياطات التي يجب مراعاتها عند إجراء اختبار برينل للصلادة
٢٢. حدد الحالات التي تؤدى إلى الخطأ في نتائج اختبار برينل للصلادة
٢٣. ماهي العلاقة بين رقم برنل للصلادة وبين مقاومة الشد للمعادن (كجم/مم٢؟
٢٤. اذكر بعض مزايا استخدام جهاز فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن
٢٥. اذكر العلاقة التي يمكن حساب رقم فيكرز صلادة
٢٦. هل هناك مواصفات قياسية خاصة بالعينات المستخدمة في اختبار الالتواء؟
٢٧. لماذا يجب أن يكون قطر نهايتي العينة المستخدمة في اختبار الالتواء أكبر من قطر مقطعها؟
٢٨. ما هي المعلومات التي نحصل عليها من إجراء اختبار الالتواء؟
٢٩. أذكر ثلاث حالات من حالات عزوم الالتواء
٣٠. ما هو المقصود بمتانة للمادة ؟
٣١. هل يستغرق اختبار الصدم و قت طويل
٣٢. علل أهمية إجراء اختبار الصدم للمواد.
٣٣. ماهي أنواع اختبار الصدم؟
٣٤. اذكر العلاقة التي تحسب بها طاقة الصدم في اختبار تشاربى للصدم
٣٥. ماهي العوامل التي تؤثر على نتائج اختبار الصدم للمواد؟
٣٦. كيف يؤثر كلا من شكل وحز العينة المستخدمة في اختبار التصادم على نتائج الاختبار
٣٧. عرف عملية القص
٣٨. عرف الاختبارات الغير متلفة

٣٩. حدد مجالات استخدام الاختبار الائتلافية
٤٠. ماهي فوائد استخدام الاختبارات الائتلافية؟
٤١. أذكر أنواع العيوب المختلفة التي تستطيع الاختبارات الائتلافية اكتشافها
٤٢. اذكر بعض أنواع الاختبارات الائتلافية الأكثر انتشارا
٤٣. ماهي الأدوات التي تستخدم في طريقة الفحص البصري؟
٤٤. أذكر مميزات الاختبار بطريقة الفحص البصري
٤٥. أذكر عيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري
٤٦. متى يتم استخدام أداة البيرسكوب في طريقة الفحص البصري؟
٤٧. ما هو الهدف من استخدام الاختبار بطريقة السوائل النافذة ؟
٤٨. ما هي أنواع السوائل المستخدمة في اختبار بطريق السوائل
٤٩. أذكر بعض مميزات الاختبار بطريقة السوائل النافذة
٥٠. أذكر بعض عيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة
٥١. ما هي استخدامات الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة؟
٥٢. حدد بعض مميزات الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة
٥٣. حدد بعض عيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة

## الأسئلة العملية

١. بين بالرسم الثلاثة مناطق الرئيسية في منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) للمواد المعدنية. وكذلك الإجهادات الأساسية على المنحنى

٢. اشرح بالرسم فقط منحنيات الإجهاد والانفعال للمواد الهندسية المختلفة (المطيلة-نصف المطيلة-القصفة-المواد ذات المرونة العالية)

٣. احسب مقدار كلا من الانفعال الهندسي والانفعال الحقيقي الحادث لعينة خاضعة لاختبار شد إذا كانت العينة أسطوانية الشكل وكان طولها قبل الاختبار هو 200 mm وكان مقدار الاستطالة هو 600 mm.

٤. عينة من النحاس قطرها 25 mm وطولها 100 mm تم عمل اختبار شد لها فكانت النتائج كالاتي:

| الحمل (Ton) | 4 | 6.5 | 8.6 | 10 |
|---|---|---|---|---|
| الاستطالة (mm) | 0.1 | 0.17 | 2.35 | 2.91 |

٥. ارسم منحنى الحمل والاستطالة ثم احسب الاتي:
   - إجهاد الخضوع
   - مقاومة الشد
   - النسبة المئوية للاستطالة

٦. عينة من الكروم مقطعها مستطيل الشكل طول عرضه ٤ سم، تم تحميلها بقوة مقدارها ١٧ طن أثناء اختبار الضغط. فإذا كانت قيمة الإجهاد المتولد من هذا الضغط 15 Kg/mm2 فاحسب طول مقطع العينة

٧. أثناء عمل اختبارا للضغط لعينة من الصلب المسبوك مساحة مقطعها 12cm2 وطولها 215 mm. فسجلت النتائج التالية بين الحمل والانضغاط أثناء الاختبار:

| الحمل Kg | 0 | 2900 | 3000 | 9100 | 11500 | 19150 | 26000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الانضغاط mm | 0 | 0.0632 | 0.154 | 0.189 | 0.225 | 0.37 | 0.59 |

أ. أوجد قيم الإجهاد والانفعال للنقاط التي تم لها تسجيل الحمل والانضغاط.

ب. احسب إجهاد الكسر.

٨. ارسم المسنن المستخدم في قياسر الصلادة بطريقة فيكرز مع بيان الاثر للمسنن

٩. ارسم المسنن المستخدم في قياسر الصلادة بطريقة فيكرز مع بيان الاثر للمسنن

١٠. اذكر مواصفات العينات القياسية في اختبار تشاربي
١١. مسمار قطرة ١٢ مم من حديد ذو إجهاد قص ٤٢ ك نيوتن/مم٢ احسب قوى القص التي ممكن أن يتحملها المسمار قبل حدوث القص shear. ثم احسب إجهاد الأسناد المؤثر على حافة التلامس (Bearing Stress) بين وصلات المسمار.
١٢. ما هي أشكال الكسر في عينات المعادن المطيلة الخاضعة لاختبار الالتواء؟

## قاموس المصطلحات

| English Word | المعنى باللغة العربية |
|---|---|
| Brinell Hardness Test | اختبار برينل للصلادة وهو اختبار يتم على المعادن لقياس صلادة العلامة للمعادن |
| Brittleness | القصافة وهي الهشاشة أو القابلية للكسر تحديدا عند التعرض لقوة أو إجهاد، دون أي انفعال سابق للكسر مثلا |
| Charpy Impact Test | اختبار تشاربى للصدم وهو اختبار يتم على المعادن لقياس مدى متانتها |
| Circular Field | حقول مغناطيسية دائرية ويتم تطبيقها حول جسم العينة المختبرة أي أنها تكون في الاتجاه العرضي للعينة المختبرة. |
| Cleaner Liquid | السائل المنظف الذى يستخدم لتنظيف أسطح العينات المخترقة |
| Compression test | اختبار الضغط والغرض الأساسي من إجراء اختبارات الضغط للمواد المعدنية وغير المعدنية هو بيان الخواص الميكانيكية لهذه المواد في الضغط فمثلا في المواد المطيلة تتمكن من تعيين بعض الخواص مثل إجهاد الخضوع والرجوعية المرنة وكذلك معامل المرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومة الضغط القصوى. |
| Destructive Testing | الاختبارات الائتلافية للمواد وفيها تتلف العينة ولا يتم الحفاظ على سلامتها مثل الثني والكسر والخدش.... إلخ وأهمها;<br>اختبار الشد Tension Test<br>اختبار الضغط Compression Test<br>اختبار الصلادة Hardness Test<br>اختبار الصدم Impact Test<br>اختبار الالتواء Torsion Test ...إلخ |

| English Word | المعنى باللغة العربية |
|---|---|
| Destructive Testing | الاختبارات الائتلافية للمواد وهي اختبارات تتم على المواد الهندسية وفيها تتلف العينة ولا يتم الحفاظ على سلامتها مثل الثني والكسر والخدش.... إلخ وأهمها;<br>اختبار الشد Tension Test<br>اختبار الضغط Compression Test<br>اختبار الصلادة Hardness Test<br>اختبار الصدم Impact Test<br>اختبار الالتواء Torsion Test ...إلخ |
| Developer Liquid | السائل المظهر وهو سائل يتم رشه على سطح العينة، بعد رش السائل المخترق بحوالي عشرة دقائق لإخراج السائل المخترق من الشروخ والتشققات الموجودة بالسطح بهدف تحديد أماكن العيوب المتواجدة بسطح العينة |
| Ductility | المطيلية وهي قابلية المادة للاستطالة عند شدها وتقاس هذه الخاصية بمقدار الزيادة في طول العينة أو النقص في مساحة مقطعها (الذهب من أطرى المعادن ثم الفضة والبلاتين). |
| Elastic Limit | حد المرونة هو أقصى إجهاد يتحمله المعدن مع عدم بقاء انفعال لدن بعد إزالة هذا الحمل أي لا يحصل تشكل دائم بعد إزالة الحمل |
| Elasticity | المرونة وهى عبارة عن قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي، وأبعادها الأصلية، بعد زوال القوى المؤثرة عليها. |
| Energy Producing Materials | المواد المولدة للطاقة مثل الوقود ومواد الطاقة الذرية. |
| Fracture Strength | إجهاد الكسر وهو الإجهاد الذي يحصل عنده كسر للعينة أي تفصل العينة إلى قطعتين وهو ممثل في الشكل بالنقطة (E) ويرمز إليه ب $\sigma_F$. |

| English Word | المعنى باللغة العربية |
|---|---|
| Hardness | الصلادة ووهي قدرة المادة على مقاومة الخدش، والتغلغل، والتآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليما متماسكا تحت تأثير الأحمال، كما تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة البرى نتيجة الاحتكاك أو المقاومة للخدش أو القطع أو حدوث علامة بها. |
| Impact test | اختبار "الصدم" وهو عبارة عن اختبار يتم إجرائه على عينة من المادة المراد قياس خاصية المتانة لها عن طريق التأثير عليها بقوة صدم "حمل الصدم" بواسطة كتلة كبيرة نسبيا متحركة ويتم التأثير أو التحميل على العينة بطريقة فجائية لذا فهذا الاختبار يستغرق فترة قصيرة جدا من الزمن. |
| Izod Test | اختبار أيزود للصدم وهو اختبار يتم على المعادن لقياس مدى متانتها |
| Liquid Penetrant Inspection | الاختبار بالسوائل النافذة أو المخترقة وهو يندرج تحت قائمة الاختبارات الغير متلفة للمواد. وتستخدم هذه الطريقة في الكشف عن العيوب السطحية في العينة كالشروخ والتشققات المفتوحة على السطح والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة حتى من مرتبة الميكروتر. ويمكن استخدام هذه الطريقة مع جميع المعادن وحتى يمكن استخدامها في حالة السيراميك والبلاستيك المسامية |
| Longitudinal Magnetic Field | حقول طولية للمجال المغناطيسي أي أنها تكون في الاتجاه الطولي للعينة المختبرة |
| Magnetic Particle Test | الاختبار بالجسيمات الممغنطة وهو يندرج تحت قائمة الاختبارات الغير متلفة للمواد. ويستخدم هذا الاختبار في الكشف في عن التشققات والعيوب الموجودة على أسطح المواد الحديدية المغناطيسية أو الواقعة على بعد (٢:٦) ملليمتر تحت السطح مثل اختبار قطع الآلات أثناء الصناعة وفى أثناء الصيانة واختبار اللحامات والمحاور. |
| Malleability | الطروقية ووهي الاستجابة أو المطاوعة للطرق، أو الضغط، أو حتى العصر باستخدام الدرافيل. أو أنها قدرة المادة على التفلطح بالطرق دون حدوث كسر. |

| المعنى باللغة العربية | English Word |
|---|---|
| مواد معدنية وتنقسم إلى نوعين:<br>أ-معادن حديدية (Ferrous Metals) مثل الصلب – الحديد الزهر – الحديد المطاوع – الفولاذ..... وغيرها<br>ب-معادن غير حديدية (Non Ferrous Metals): مثل الألمونيوم – النحاس – النيكل – الكروم – الرصاص.... وغيرها | Metallic Material |
| الاختبارات غير الائتلافية للمواد وهي اختبارات تتم على المواد الهندسية وفيها تختبر العينة دون إتلافها مع المحافظة على سلامتها<br>وأهمها;الاختبار بالفحص البصري (Visual Inspection)<br>اختبار بمخترق السوائل (Liquid Penetrant Inspection)<br>اختبار التسرب (Leak Test)<br>الاختبار بالجزيئات المغناطيسية (Magnetic Particles Test)<br>الاختبارات بالأشعة (Radiographic Test)<br>الاختبارات بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Test)<br>الاختبارات بالتيارات الدوامية (Eddy Current Test) | Non Destructive Testing |
| المواد غير المعدنية وتنقسم إلى نوعين:<br>أ-مواد البناء: - الأحجار – الأسمنت – الجبس – الخشب..... وغيرها<br>ب-مواد متنوعة:- مثل المواد البلاستيكية بكل أنواعها كالأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex – مواد التقوية كألياف الكربونية – المواد الذكية كالبيزوإلكتريك......وغيرها | Non-Metallic Materials |
| السائل المخترق الذى يستخدم لاختراق أماكن التشققات والشروخ الموجودة بأسطح العينات المخترقة | Penetrant Liquid |
| اللدونة وهى هي عبارة عن قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الكامل أو الدائم، بعد حدوث التشوه الناتج عن القوى المؤثرة عليها. | Plasticity |

| English Word | المعنى باللغة العربية |
|---|---|
| Proof stress | إجهاد الضمان وهو الإجهاد الذي يحدث في قطعة الاختبار أثناء تحميلها استطالة لا تناسبية مساوية لنسبة مئوية محددة من طول القياس. وهو أيضا إجهاد يعبر عن مقاومة المعدن في حد المرونة وخصوصا للمعادن التي ليس منطقة خضوع على منحنى الإجهاد والانفعال |
| Resilience | الرجوعية وهي قدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماما بعد زوال الحمل المؤثر. أي أنها تمثل مدى كفاءة المعدن في امتصاص الطاقة الناتجة عن الإجهادات المبذولة. |
| Resilience | الرجوعية وهي الطاقة التي يمكن للمعدن أن يختزنها عند التحميل ثم يرجعها ثانية بعد إزالة التحميل في حدود المرونة فقط وتسمى أيضا بالطاقة المرنة.<br>الرجوعية = ½ (الحمل المقابل لحد التناسب × الاستطالة عند حد التناسب) |
| Stiffness | الصلابة أو الكزازة وهى خاصية مقاومة المادة لأى نوع من التغير في الشكل، وتعرف المادة الصلبة بأنها تتحمل أحمال عالية مع حدوث تغير صغير نسبيا في الشكل. |
| Strength | المقاومة و هي قدرة المادة على مقاومة الحمل أو القوى المؤثرة عليها, فتسمى مقاومة الشد إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الشد وتسمى مقاومة الضغط إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الضغط......وهكذا. |
| Stress-Strain Curve | منحنى الإجهاد والانفعال هو منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمواد المختلفة. ويتم رسم هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار الشد لعينة من المادة |
| Tensile Test | اختبار الشد وهو عملية تجرى على قطعة/عينة اختبار لتعيين خواصها تحت تأثير حمل الشد المحوري في اتجاه واحد حيث ينطبق اتجاه الحمل على المحور الطولي للعينة المختبرة. ويكون التحميل تدريجيا، يبدأ من الصفر ويزداد حتى حدوث الكسر بالعينة |

| English Word | المعنى باللغة العربية |
|---|---|
| Toughness | المتانة وهي الخاصية التي تمكن من المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر. وهى أيضا، قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. |
| Hardness Vickers Test | اختبار فيكرز للصلادة وهو اختبار يتم على المعادن لقياس صلادة العلامة لها |
| Visual Inspection | الاختبار بالفحص البصرى ويعتبر أيضا طريقة مكملة لكل طرق الاختبارات الائتلافية الأخرى حيث يتم تطبيقها أولا قبل أي طريقة اختبار أخرى في الكشف عن العديد من العيوب في الملحومات والمصبوبات والمشغولات والمكونات المعالجة حراريا. |
| Yield Stress | إجهاد الخضوع هو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفى هذه النقطة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن. |
| Yoke | ويقصد بها جهاز أو أداة توليد المجال المغناطيسي المستديمة في الاختبارات الائتلافية |
| Young's Modulus | معامل المرونة وهو العلاقة التي تربط بين الإجهاد والانفعال المهندسين |

## قائمة المراجع

١. كتاب خواص المواد واختباراتها (أ.د محمود إمام - أم.د/ محمد مهدى - د/ محمد أمين)
٢. التيارات الدوامية المستوى الأول (البرنامج النظري والعملي في الاختبارات الائتلافية) (أ.د. حسن إبراهيم شعبان - أ.د. جمال محمد عاشور الدرويش)

3. Handbook of Materials Selection, MYER KUTZ
4. 1982, English, Book, Illustrated edition: The testing of engineering materials / Harmer E. Davis, George Earl Troxell, George F.W. Hauck. Davis, Harmer Elmer, 1905-
5. MaterialsScience2000, www.Youtube.com channel
6. Anmol Birring youtube channel